

Mémoire de fin d'étude
UNIVERSITE DES ANTILLES ET DE LA GUYANE
FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET NATURELLES
MASTER ECOSYSTEME TROPICAUX NATURELS ET EXPLOITES
2013 – 2014

INVENTAIRE DE LA MYRMECOFAUNE
DANS LES VERGERS D'AGRUMES EN MARTINIQUE
ET RELATION AVEC LES HOMOPTERES RAVAGEURS

Sophie QUINQUENEL



CAEC - CIRAD
Quartier Petit-Morne – BP 214
97285 LE LAMENTIN Cedex
Encadrant : Philippe Ryckewaert - Chercheur entomologiste



REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier dans un premier temps, toute l'équipe pédagogique et les intervenants professionnels responsables du master ECOTROP, de l'Université Antilles Guyane, à Pointe à Pitre, pour avoir assuré la partie théorique.

Je tiens à remercier Philippe Ryckewaert, mon tuteur d'entreprise, pour l'expérience enrichissante qu'il m'a fait vivre durant ces 4 mois au sein du CAEC. Merci, à Dominique Carval pour le temps qu'il a su m'accorder, et pour son aide dans l'identification des taxons.

Merci aux producteurs (Mr Peronnet, Mr Zapha, la SARL Parnasse et Mr Elizabeth) qui ont accepté de collaborer à ce projet et de leur accueil chaleureux.

Merci à toute l'équipe du CAEC pour leur accueil et leur coopération professionnelle tout au long de ces six mois. Pour terminer, merci à tous les stagiaires du CAEC pour m'avoir permis de passer un magnifique séjour en Martinique !

Table des matières

Remerciements.....	4
Tables des illustrations	5
I - Introduction.....	6
A. La Martinique.....	7
B. Les Agrumes	8
C. Les ravageurs des agrumes.....	9
D. Les fourmis, régulateurs potentiels des populations des ravageurs d'agrumes	10
E. Objectifs et Hypothèses de l'étude	10
II - Matériels & Méthodes.....	12
A. Les sites de l'étude	12
B. Capture de la myrmécofaune.....	14
1- Récolte par pitfall.....	14
2- Récolte par appât thon/miel	15
C. Relation avec les homoptères ravageurs des agrumes.	16
D. Identification de la myrmécofaune.....	17
E. Analyses statistiques des résultats	18
III- Résultats.....	20
A. Comparaison de l'efficacité des deux méthodes d'échantillonnage.....	20
1- Efficacité de l'échantillonnage de la myrmécofaune.....	20
2- Comparaison de l'efficacité des deux méthodes d'échantillonnage utilisées : pitfall et appât.....	21
B. Inventaire de la myrmécofaune dans les vergers d'agrumes.....	23
C. Présence/absence des genres de fourmis en fonction des homoptères ravageurs des agrumes.....	27
IV - Discussions.....	30
A. Comparaison de deux méthodes d'échantillonnages.	30
B. Inventaire de la myrmécofaune dans les vergers d'agrumes.....	31
C. Présence/absence des genres de fourmis en fonction des homoptères ravageurs des agrumes.....	32
V- Conclusions et perspectives.....	34
Références bibliographiques.....	35
Annexes.....	38

Tables des illustrations

Figures

Figure 1 et 2 : localisation de la Martinique dans les petites Antilles.

Figure 3: les homoptères ravageurs. a) cochenille b) aleurode c)puceron d) psylle.

Figure 4 : localisation des vergers d'agrumes échantillonnés en Martinique.

Figure 5 : un pitfall et son positionnement dans le verger d'oranger au François.

Figure 6 : appât thon/miel sur carreau blanc.

Figure 7 : exemple d'établissement des pitfalls et d'appâts chez le producteur du François.

Figure 8, 9, et 10: aspirateur à bouche et conservation dans les tubes à l'alcool 70%. *Tetramorium* épinglés mis en collection.

Figure 11 : Caractéristiques morphologiques communs utilisés pour identifier les genres et espèces de fourmis. Ici une ouvrière *Tetramorium* de Madagascar.

Graphiques

Graphique 1 : courbe de raréfaction représentant le nombre cumulé total d'espèces en fonction du nombre de points d'échantillonnage pour chaque parcelle.

Graphique 2 : courbes de raréfaction représentant le nombre cumulé de genres en fonction du nombre d'occurrences des espèces pour chaque parcelle par les deux méthodes d'échantillonnage.

Graphique 3 : Représentation des pourcentages d'espèces en fonction de la taille* des fourmis récoltées à l'aide des deux méthodes d'échantillonnage (N= 5 pour chaque méthode).

Graphique 4 et 5 : pourcentage global des sous-familles (N=25), et pourcentage des sous-familles par parcelle trouvé avec les pitfalls.

Graphique 6 : Echantillonnage pièges à fosse vs appâts sur les 5 parcelles. Toutes les espèces récoltées ont été triées par importance décroissante d'occurrences dans la méthode pitfall.

Graphique 7 : échantillonnage pièges à fosse vs appâts par parcelles. Toutes les espèces récoltées ont été triées par importance décroissante d'occurrences dans la méthode pitfall.

Tableaux

Tableau 1 : nombre de genres échantillonnés par les 2 méthodes d'échantillonnage dans chaque parcelle.

Tableau 2 : présence/absence des genres de fourmis observées dans les arbres selon les parcelles.

Tableau 3 : pourcentages d'arbres attaqués par les homoptères ravageurs des agrumes, sur les différentes parcelles. (CV : cochenilles vertes, CS : cochenilles sapotilles, AL : aleurodes, PN : pucerons noirs)

Tableau 4 : présence/absence des genres de fourmis en fonction des homoptères ravageurs dans toutes les parcelles confondues.

Tableau 5 : présence/absence des genres de fourmis en fonction des homoptères ravageurs des agrumes selon les parcelles.

I. Introduction

L'agriculture Martiniquaise repose actuellement sur deux cultures, celle de la canne à sucre et de la banane. La banane reste la première production d'exportation et la principale source d'emplois et de revenus agricoles, avec plus de 6 379 ha cultivés sur 24 601 ha de surface agricole, en 2012 (Agreste, 2013). Cependant, depuis quelques années, la production de banane traverse une situation difficile pour des raisons à la fois environnementales et économiques (Bonin et al., 2006). Bien qu'elle reste une culture minoritaire en Martinique avec 440 ha planté en 2012 (Agreste, 2013), le développement de la production agrumicole présente un réel enjeu en tant que culture de diversification. Tout d'abord, pour répondre à la demande du marché local déficitaire (limiter les exportations) et, parce qu'elle constitue une alternative intéressante à la culture de la banane. La diversification des sources de revenus des exploitants procure aussi une sécurité économique et encourage la diversification agricole (Le Bellec, 2011).

Le plan national Ecophyto 2018, mis en place par le ministère de l'agriculture et de la pêche, a pour objectif de réduire de 50 % l'usage des pesticides sur le territoire national, d'ici 2018. La conception de nouveaux systèmes de cultures plus durable et respectueux de l'environnement est donc essentielle pour répondre à cette demande. Le CAEC (Campus Agro-Environnementale de la Caraïbe), où s'est déroulé cette étude, a pour objectif de concevoir, une agriculture diversifiée et durable, pour l'avenir de la Martinique et de la Caraïbe.

Cette étude s'est effectuée au sein de l'unité HortSys, dont l'un des objectifs est la mise au point de pratiques culturales innovantes basées sur l'introduction d'espèces végétales dans les systèmes de culture afin d'augmenter la biodiversité et les régulations biologiques. Une meilleure connaissance de l'entomofaune, dont la myrmécofaune dans les vergers d'agrumes de Martinique, est indispensable pour participer à la création de systèmes durables et respectueux de l'environnement. Les fourmis pourraient être utilisées comme moyen de lutte biologique contre certains ravageurs des agrumes. L'aménagement de plantes de couverture pourrait être utilisé pour favoriser les espèces de fourmis désirées, ou au contraire éloigner les espèces pouvant favoriser des ravageurs des cultures d'agrumes tels que les homoptères.

A- La Martinique

La Martinique est une île française, située dans l'arc des Petites Antilles (fig.1 et 2), dans la mer des Caraïbes, entre la Dominique, au nord et Sainte-Lucie au sud. Elle possède une superficie totale de 1 128 km², avec une population estimée à 390 371 habitants en 2012 (INSEE, 2012).

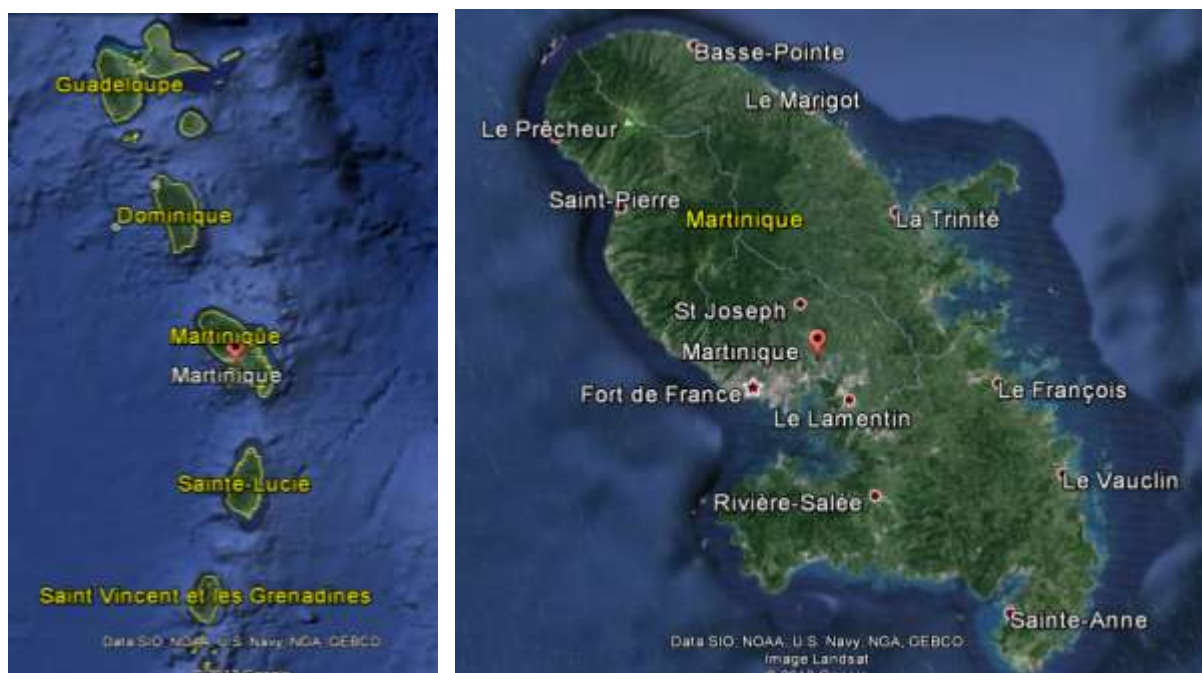


Figure 1 et 2 : localisation de la Martinique dans les petites Antilles - source Google Earth, 2013.

Le relief de l'île est accidenté, d'origine volcanique, principalement par la présence de la Montagne Pelée, qui occupe tout le nord actuel et culmine à 1 397 m. La Martinique est généralement séparée en deux zones distinctes. D'une part, une zone située au nord d'un axe Fort-de-France - Le Robert, qui constitue la partie la plus montagneuse de l'île, domaine de la forêt tropicale humide (> 4 000 mm/an), et, d'autre part, une zone située au sud de cet axe, moins accidentée, plus sèche (< 2 000 mm/an) (annexe 1). Le climat est de type tropical humide. La température moyenne annuelle est de 26°C à basse altitude. Deux saisons sont distinguées, liées aux précipitations : la saison humide, de mai à décembre (hygrométrie moyenne de 87%), et la saison sèche de janvier à avril (hygrométrie moyenne de 80%) (Observatoire de l'eau de Martinique, 2010). En simplifiant, six principaux types de sols sont présents en Martinique : les ferrisols, vertisols, les andosols, les sols peu évolués à cendres, ou à alluvions, et les sols bruns à halloysites (annexe 2).

Les cultures d'agrumes sont réparties selon les climats de l'île et le sol. On trouve principalement les vergers d'agrumes dans le nord de l'île. Dans le sud, les vertisols sont peu favorables aux cultures d'agrumes (P. Ryckewaert, com.pers). Les agrumes sont très exigeants quant à l'irrigation, et surtout à la régularité des apports. Ces besoins sont d'environ 1 500 mm d'eau par an (FAO, 2010). Les forts ensoleillements sont d'autant mieux supportés que l'alimentation hydrique est correctement assurée (Le Bellec, 2011). Les régions arides ou à pluviométrie mal répartie doivent avoir recours à l'irrigation.

B- Les Agrumes

Sous le terme « agrumes » sont regroupées de nombreuses espèces des genres botaniques *Citrus*, *Fortunella* et *Poncirus*, tous membres de la famille des Rutacées. Leur origine se situe en Chine, et en Inde. En Martinique, on trouve principalement des Mandarines, Oranges (Washington Navel,...), Pamplemousses (Pink,...), Limes (Tahiti,...), Pomélos (Marsch,...) et Kumquats (CAEC, 2005).

Aux Antilles, les systèmes de culture sont principalement extensifs, les arbres sont intégrés aux jardins de type créole, où les fruits sont autoconsommés ou vendus sur les marchés locaux (Bakry et al., 2002). En Martinique, de vrais vergers monospécifiques sont présents cependant. La production est très hétérogène et difficilement chiffrable sur l'île. Le plus grand verger d'agrumes est de l'ordre de 20 hectares (P. Ryckewaert, com.pers.)



C- Les ravageurs des agrumes

Les problèmes phytosanitaires sur agrumes sont nombreux et plus ou moins graves. L'étude réalisée se focalise uniquement sur les homoptères sternorrhynques. Ce groupe d'insectes est caractérisé par la présence de 4 ailes membraneuses identiques, des pièces buccales avec un rostre, adapté à la succion de la sève (insectes piqueurs-suceurs), et par la production de miellat entraînant le développement de la fumagine. Les cochenilles, les aleurodes, les pucerons et les psylles appartiennent à ce groupe (fig.3). Ces homoptères présents dans les vergers peuvent être vecteurs de maladies comme le greening et la tristeza, ou de dégâts importants sur les arbres (Caribfruits, 2013).



Figure 3: les homoptères ravageurs. a) cochenille b) aleurode c)puceron d) psylle (DAAF, 2012).

En Martinique, ces bioagresseurs sont plus ou moins régulés dans les vergers, grâce à un bon équilibre biologique du fait de la quasi absence de traitements phytosanitaires (Leblanc, 2000). Cependant, certains ravageurs, comme le psylle *Diaphorina citri*, présentent un risque important pour l'économie des cultures. En effet, ce psylle est vecteur du greening ou Huanglongbing (HLB), une maladie bactérienne grave qui condamne chaque arbre infecté à dépérir. Il a été détecté en Martinique, en juin 2012, et fait l'objet d'une surveillance accrue par l'état (DAAF, 2012). Seule une guêpe parasitoïde, *Tamarixia radiata*, est actuellement présente à la Martinique et est utilisée comme moyen de lutte biologique contre ce psylle. Les fourmis, présentes en vergers d'agrumes et ayant des relations de mutualisme avec certains homoptères (Stadler, 2008) pourraient modifier la régulation de ce psylle, soit en les protégeant, soit en les prédatant.

D- Les fourmis, régulateurs potentiels des populations des ravageurs d'agrumes

La famille des Formicidae (Hyménoptères) compte plus de 11 000 espèces réparties en 16 sous-familles, dont 8 se trouvent en région néotropicale (Bolton, 1994). À ce jour peu d'études ont été publiées à ce sujet en Martinique. Sur l'île, 4 sous familles ont été trouvées en bananeraie et en vergers : Formicinae, Myrmicinae, Ponerinae et Dolichoderinae comprenant au moins 12 genres différents (D. Carval, com.per. ; Jaffé et al., 1991). Les fourmis sont des insectes sociaux vivant principalement en sociétés organisées avec une reine (parfois plusieurs) et des ouvrières. Les espèces de fourmis s'abritent dans une structure protectrice (nids) contre leurs ennemis et les aléas climatiques. De nombreuses espèces de fourmis sont arboricoles et nidifient dans les arbres de diverses espèces, ou terricoles et nidifient au niveau du sol (Passera, 2005).

Le mutualisme est une interaction entre deux (ou plusieurs) espèces, dans laquelle les organismes impliqués tirent tous les deux profits de cette relation. Les homoptères excrètent, après absorption des acides aminés de la sève des feuilles, un liquide riche en carbohydrates, le miellat. C'est ce liquide nourrissant, très prisé par les fourmis, qui est à l'origine de la trophobie avec les homoptères. Certaines fourmis protègent ces homoptères pour se nourrir de ce miellat (Stadler, 2008).

Le régime alimentaire des fourmis dépend de l'espèce. On peut ainsi trouver des fourmis prédatrices qui ramènent principalement des proies animales, champignonnistes qui utilisent des fragments de végétaux pour développer des champignons, ou bien granivores qui rapportent des graines (Passera, 2012).

E- Objectifs et Hypothèses de l'étude

Cette étude vise à améliorer les connaissances sur les fourmis en Martinique et leurs interactions avec les homoptères ravageurs dans les vergers d'agrumes. Tout d'abord, un inventaire des espèces de fourmis présentes dans les vergers d'agrumes en Martinique sera réalisé.

Ensuite, l'étude vise à étudier la présence des différentes espèces de fourmis dans les arbres, par rapport à celles présentes au sol, et avec les homoptères des agrumes. La finalité de ces études sera de proposer aux agriculteurs des méthodes culturales (dont l'utilisation de couvertures végétales) qui favoriseraient des fourmis prédatrices des ravageurs des agrumes et défavoriseraient les fourmis protégeant les homoptères.

Les hypothèses sont les suivantes : 1) La composition de la myrmécofaune diffère selon la situation des vergers (altitude, climat, sol), 2) Les espèces trouvées en vergers d'agrumes diffèrent de celles trouvées en bananeraie, 3) La présence d'homoptères dans les arbres entraîne la présence de certaines espèces de fourmis dans la canopée.

II. Matériels & Méthodes

L'échantillonnage de la myrmécofaune s'est effectué du 17 février au 15 mai 2014, l'objectif de l'étude étant de réaliser l'inventaire des espèces de fourmis présentes dans les vergers d'agrumes en Martinique (en différenciant les espèces trouvées dans les arbres et au sol), et de relier leur présence avec les divers homoptères ravageurs des cultures présents. L'échantillonnage est effectué dans les vergers de quatre producteurs de l'île. L'identification des genres est faite en laboratoire.

A- Les sites de l'étude

Quatre sites de production d'agrumes ont été sélectionnés sur différentes parties de l'île en fonction de la diversité microclimatique, et du sol, dans une liste déjà connue de producteurs collaborant avec le CIRAD. Le but étant de représenter au mieux la diversité de l'île.

Le premier site d'étude est le verger de monsieur Peronnet dans la commune du François, quartier Periolat au Sud-Est de la Martinique. Les précipitations sont comprises entre 1500 -2000 mm par an. L'échantillonnage est effectué sur 2 parcelles (latitude, 14°34' 58.36" N; longitude, 60°53' 26.88' O; altitude, 50 m) et (latitude, 14°35' 00.24" N; longitude, 60°53' 24.28' O; altitude, 65 m). Ces parcelles sont situées sur un sol vertique. Une première parcelle constituée de jeune lime de Tahiti d'une dizaine d'années, et une seconde parcelle constituée d'orangers, d'une vingtaine d'années. La première parcelle est considérée comme enherbée, et la seconde comme étant un sol nu par désherbage chimique (annexe 3).

Le second site est le verger de monsieur Zapha, dans la commune de Trinité, au nord est de la Martinique (latitude, 14°45' 22.72" N; longitude, 60°58' 40.19' O; altitude, 50 m). Les précipitations sont comprises entre 2000-2500 mm par an. La parcelle est située sur un ferrisol compact. L'échantillonnage est effectué dans un verger de lime de Tahiti, d'une dizaine d'années. La parcelle est considérée comme enherbée dans les allées, mais sol nu sous les arbres.

Le troisième site est le verger de l'habitation Parnasse, dans la commune de Morne rouge, au nord de la Martinique (latitude, 14°45'17.05" N; longitude, 61°09' 25.66' O; altitude, 209 m). La parcelle est située sur un sol à allophane relativement peu évolué. L'échantillonnage est effectué dans un verger de lime de Tahiti, d'une vingtaine d'années. La parcelle est considérée comme enherbée dans les allées, mais en dessous chaque arbre est bâché.

Le quatrième site est le verger de monsieur Elisabeth, dans la commune du Prêcheur, au nord ouest de la Martinique (latitude, 14°48' 56.06" N; longitude, 61°12' 52.78' O; altitude, 235 m). La parcelle est située sur un sol à cendre peu évolué. L'échantillonnage est effectué sur une parcelle de lime de Tahiti, d'une vingtaine d'années. La parcelle est considérée comme enherbée dans les allées, mais en dessous de chaque arbre le sol est nu.



Figure 4 : localisation des vergers d'agrumes échantillonnés en Martinique (Google Earth, 2014).

Soit au total 4 vergers étudiés avec 5 parcelles échantillonnées (fig. 4). Le relevé se fait une semaine dans le verger située au François, et à Trinité, et la semaine suivante dans les deux vergers situées à Morne Rouge, et au Prêcheur.

B- Capture de la myrmécofaune.

La récolte est effectuée directement dans le verger des producteurs. L'inventaire s'intéresse à la myrmécofaune terricole et arboricole. La myrmécofaune du sol est prélevée à l'aide de pitfalls, et d'un appât constitué de thon et de miel. La myrmécofaune arboricole est prélevée à vue, à l'aide d'un aspirateur à bouche.

1- Récolte par pitfall

Le pitfall ou piège à fosse, est un contenant en plastique de 11.4 cm de diamètre et 16 cm de profondeur (piège à charançon du bananier, fig. 5). Il est enterré au niveau du sol à l'aide d'une tarière et d'une pelle. La deuxième partie du pitfall est fixée sur celle enterrée pour éviter que la pluie ne remplisse le piège. Le principe de ce piège est de capturer les insectes se déplaçant au sol, dont les fourmis. Environ 20 ml d'eau avec quelques gouttes de liquide vaisselle, incolore et sans odeur, sont versés au fond pour noyer les insectes qui tombent dans le pitfall.

Quatre pièges à fosse sont disposés par parcelle. Ils sont positionnés sur un transect suivant l'alignement des arbres et la place disponible. Selon la configuration du verger un espacement d'un arbre sur deux pour la parcelle de lime de Tahiti, au François, et à Morne rouge, a été choisi. Pour la parcelle d'oranger au François, et la parcelle à Trinité, un espacement de deux arbres sur deux a été fait. Pour la parcelle du Prêcheur une disposition en carré a été réalisée. L'espacement entre deux arbres est d'environ 5 mètres. Les pitfalls se situent à environ 1 m 50 du tronc de l'arbre (fig. 5).



Figure 5 : un pitfall et son positionnement dans le verger d'oranger au François.

La récolte des insectes présents dans le pitfall se fait 48h après versement de l'eau dans le piège. Le pitfall est vidé et l'échantillon est récupéré à l'aide d'une pince. Seules les fourmis sont conservées dans des tubes d'alcool à 70°C. De l'eau savonneuse est mise de nouveau dans le pitfall pour poursuivre l'échantillonnage. Un relevé une fois toutes les deux semaines est effectué pour chaque parcelle.

2- Récolte par appât thon/miel

Un carreau blanc de 15 cm de côté est posé au sol pour visualiser les fourmis plus facilement. Un mélange d'un volume de miel pour trois volumes de thon est passé au mixeur. Environ 10 g de ce mélange est déposé au centre du carreau (fig.6).



Figure 6 : appât thon/miel sur carreau blanc.

Quatre carreaux avec appât thon/miel sont disposés par parcelles. Les plaques sont disposées sur un transect suivant l'alignement des vergers, avec le même

espacement que les pitfalls, selon la configuration des parcelles. Les carreaux se situent à environ 1 m 50 du tronc de l'arbre. Au sein d'une même parcelle, les différents types de pièges ont été placés de telle sorte qu'ils n'interfèrent pas les uns avec les autres et ne faussent pas les résultats (fig.7).

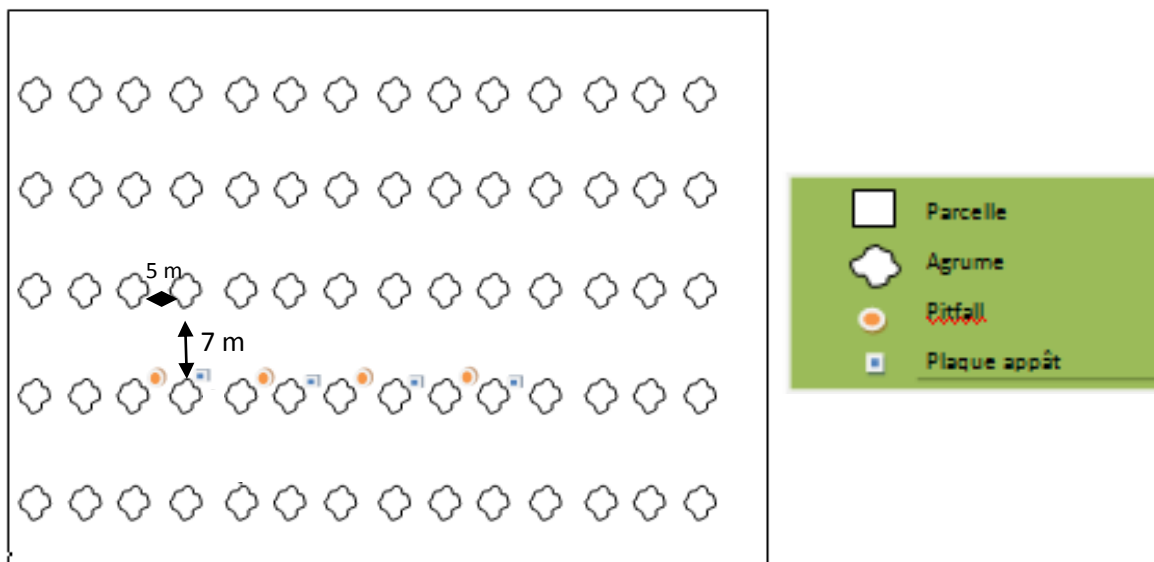


Figure 7 : exemple d'établissement des pitfalls, et d'appâts, chez le producteur du François.

Le relevé se fait 30 minutes après le dépôt de l'appât au centre du carreau. Entre chaque carreau, un intervalle de 1 minute est laissé par relevé. Toutes les fourmis présentes sur le carreau, après ce délai, sont aspirées à l'aide d'un aspirateur à bouche. Les fourmis sont ensuite conservées dans l'alcool à 70°C. Un relevé une fois toutes les deux semaines est effectué pour chaque parcelle.

C- Relation avec les homoptères ravageurs des agrumes.

Les homoptères présents dans les agrumes sont notés. Cinq arbres sont sélectionnés autour des pièges à pitfall pour noter la présence ou l'absence des homoptères ravageurs (annexe 4). L'observation se fait à l'opportuniste sur les arbres des vergers, aucun prélèvement d'homoptères n'est effectué. L'espèce d'homoptère présente est notée. Sur les arbres sélectionnés autour des pièges, une observation d'environ 3 minutes sur chaque arbre est effectuée. Les fourmis observées, avec ces homoptères sont prélevées à l'aide d'un aspirateur à bouche (fig.8). Deux relevés par semaine sont effectués, une semaine sur deux.



Figure 8, 9, et 10: aspirateur à bouche. Conservation des fourmis dans les tubes à l'alcool 70%. *Tetramorium* épinglé mis en collection (Lori, 2010).

Tous les échantillons de fourmis collectés avec les méthodes d'échantillonnages ont été conservés dans de l'alcool 70 % (figure 9).

D- Identification de la myrmécofaune.

L'identification de la myrmécofaune se fait au laboratoire, sous loupe binoculaire, ou au microscope si nécessaire. Les individus de chaque échantillon sont triés en groupes, selon la ressemblance de leurs caractères morphologiques. Une fourmi par groupe est identifiée. L'identification de la sous famille et du genre se fait à l'aide des clés de détermination du Bolton (1994). Ces clés de détermination reposent sur les différences de caractères morphologiques des fourmis (fig.11).

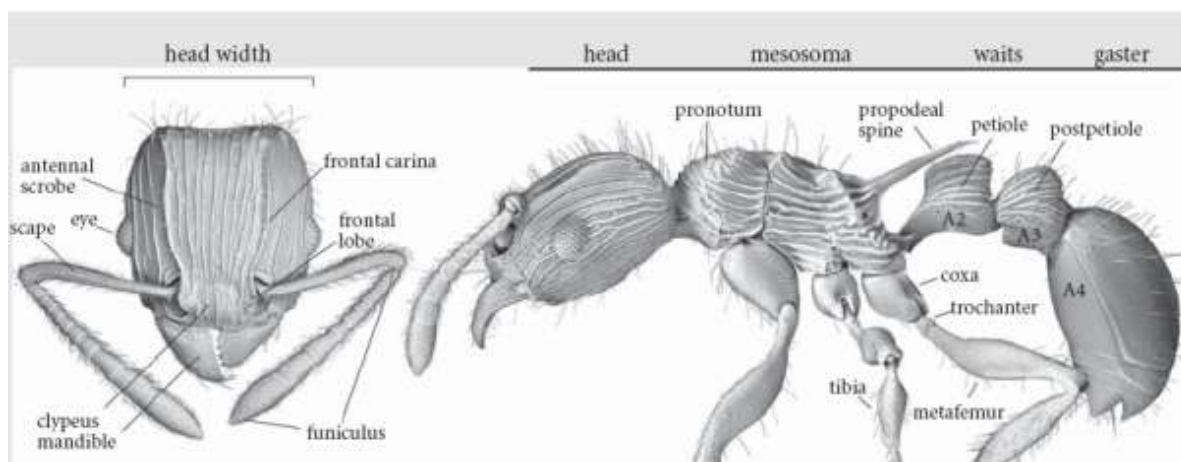


Figure 11 : Caractéristiques morphologiques communes utilisés pour identifier les genres et espèces de fourmis (Lori, 2010). Ici une ouvrière *Tetramorium* de Madagascar.

L'identification des genres est confirmée par un spécialiste dans la taxonomie des Formicidae, puis identifiées jusqu'à l'espèce par le spécialiste J.H.C. Delabie du Laboratoire de Myrmécologie du centre de recherches sur le cacao, à Bahia (Brésil). Plusieurs individus de chaque espèce supposée est envoyé dans un tube eppendorff contenant de l'alcool à 70%.

Des fourmis ont été montées afin de constituer une collection de référence (fig. 10). Cinq individus par espèces sont épinglés avec le genre, l'espèce identifiée, la localisation, la date et la méthode d'échantillonnage.

E- Analyses statistiques des résultats

1- Comparaison de l'efficacité des 2 méthodes d'échantillonnage

La courbe de raréfaction permet d'avoir une idée de l'efficacité de l'échantillonnage, notamment pour savoir si le milieu n'a pas été sous échantillonné. Une première courbe est tracée du nombre d'espèces cumulées en fonction du nombre d'échantillons, pour les deux méthodes cumulées, à l'aide d'Excel, pour chaque parcelle.

Afin d'estimer et de comparer l'efficacité des méthodes d'échantillonnage utilisées, les courbes de raréfaction (nombre cumulé d'espèces en fonction du nombre d'échantillon) pour chaque méthode et chaque milieu ont été construites. Comme le nombre d'individus n'est pas une valeur fiable dans le cas d'études sur les fourmis (données facilement faussées si la récolte se fait près d'un nid ou d'une piste), il vaut mieux ne tenir compte que des occurrences des espèces.

De plus, un histogramme représentant les différences entre les distributions des tailles des individus récoltés en fonction de la méthode d'échantillonnage est effectué.

2- Inventaire des fourmis dans les vergers d'agrumes de Martinique

La proportion de chaque sous famille, tout parcelles confondues, est estimée. La proportion de chaque sous famille, par parcelle, est estimée. Les graphiques sont réalisés à l'aide d'Excel.

La fréquence d'observation de chaque espèce toutes parcelles confondues est réalisée pour chaque méthode d'échantillonnage. La fréquence d'observation de chaque espèce par parcelle est réalisée pour chaque méthode d'échantillonnage. Un tableau présentant les espèces récoltées dans les arbres est présenté.

3- Présence des fourmis vis-à-vis des homoptères ravageurs

Le pourcentage d'arbres attaqués par les homoptères ravageurs est estimé (sur 20 arbres sélectionné par parcelle). Les genres de fourmis observés en présence d'homoptères sont répertoriés, toutes parcelles confondues, et par parcelle, dans des matrices de présence/absence.

III. Résultats

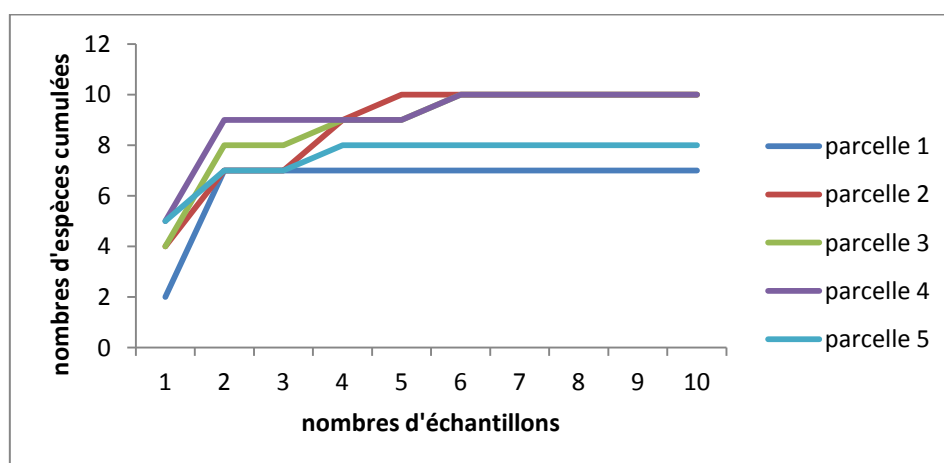
Au total, 14 genres de fourmis ont été récoltés sur l'ensemble des 5 parcelles. Ces 14 genres sont regroupés en 3 sous-familles : Myrmicinae (*Pheidole*, *Solenopsis*, *Tetramorium*, *Cyphomyrmex*, *Strumigenys*, *Cardiocondyla*, *Monomorium*, *Wasmannia*, *Crematogaster*), Formicinae (*Camponotus*, *Paratrechina*, *Brachymyrmex*), et Ponerinae (*Odontomachus*, *Platynireia*) (annexe 5). La détermination des espèces par le spécialiste est en cours, c'est pourquoi on s'arrêtera au niveau du genre pour les résultats à suivre.

Le nombre d'échantillons trop faible obtenu ne permet pas une analyse statistique valable des données. Il n'est dès lors pas encore possible d'effectuer une analyse détaillée de la biodiversité des espèces. Certaines tendances peuvent cependant être observées.

A- Comparaison de l'efficacité des deux méthodes d'échantillonnage.

1- Efficacité de l'échantillonnage de la myrmécofaune.

L'effort d'échantillonnage semble avoir été suffisant pour chaque parcelle (grap.1). La courbe d'accumulation commence à atteindre une asymptote au bout de 6 échantillons (soit 12 pitfalls et 12 carreaux) pour chaque parcelle. C'est-à-dire que le nombre de genres nouveaux diminue avec l'augmentation du nombre d'échantillons.



Graphique 1 : courbe de raréfaction représentant le nombre cumulé total d'espèces en fonction du nombre de points d'échantillonnage pour chaque parcelle (N= 10 pour chaque parcelle échantillonnée par les deux méthodes).

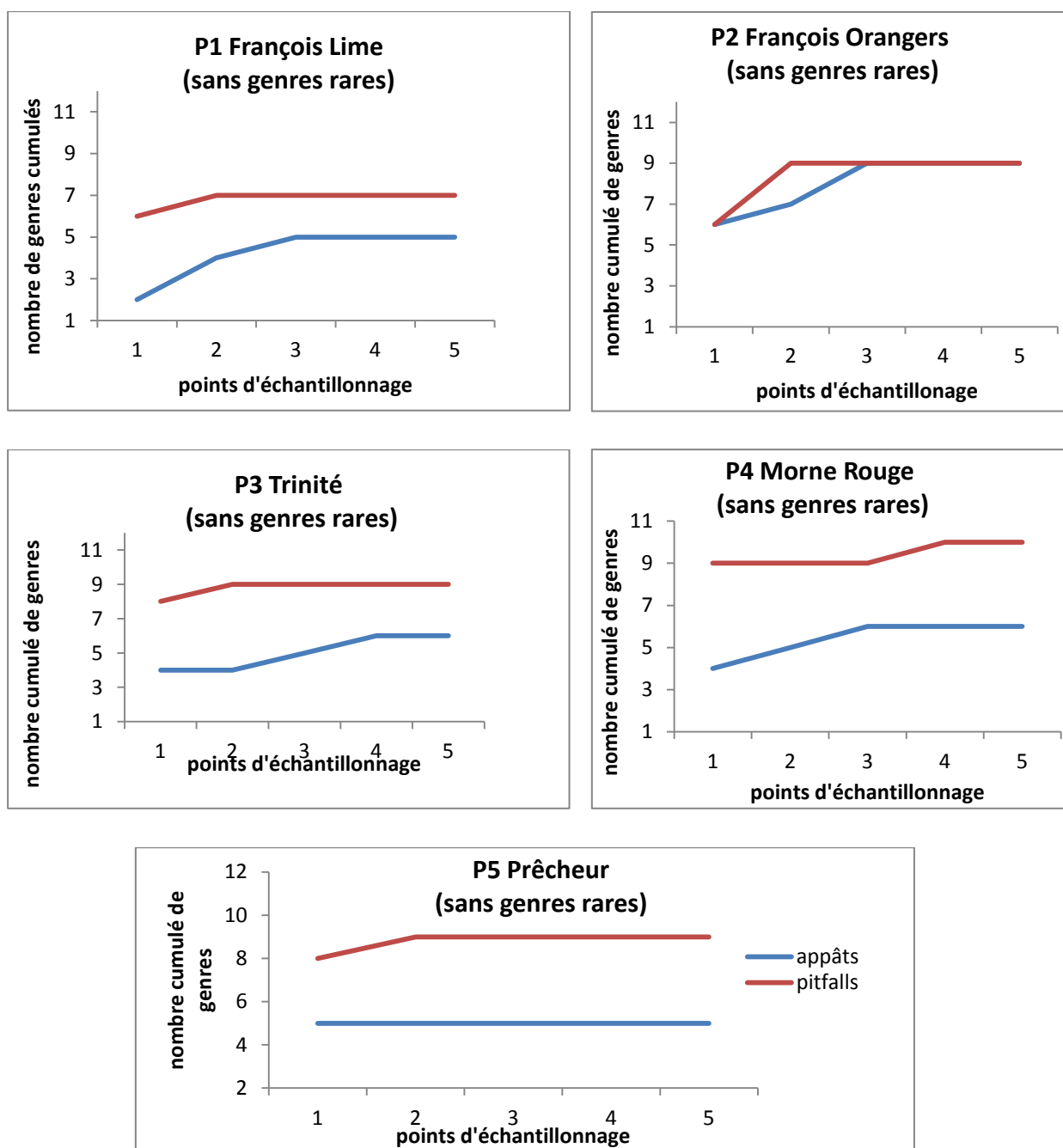
2- Comparaison de l'efficacité des deux méthodes d'échantillonnage utilisées : pitfall et appât.

Aucune méthode n'a récolté les 14 genres dans une parcelle. Pour toutes les parcelles les pitfalls ont permis d'obtenir un nombre de genres plus élevé, en moyenne 71% du nombre total de genres (tableau 1).

Tableau 1 : nombre de genres observés par les 2 méthodes d'échantillonnage utilisées dans chaque parcelle.

Parcelle	Méthode d'échantillonnage	Nombre de genres observés	Nombre total de genres dans la parcelle	% nombre total de genres
1 François Lime	pitfalls	11	11	78,6
	appâts	6	11	42,9
2 François Oranger	pitfalls	10	11	71,4
	appâts	9	11	64,3
3 Trinité	pitfalls	10	10	71,4
	appâts	10	10	71,4
4 Morne Rouge	pitfalls	10	12	71,4
	appâts	8	12	57,1
5 Prêcheur	pitfalls	9	10	64,3
	appâts	6	10	42,9

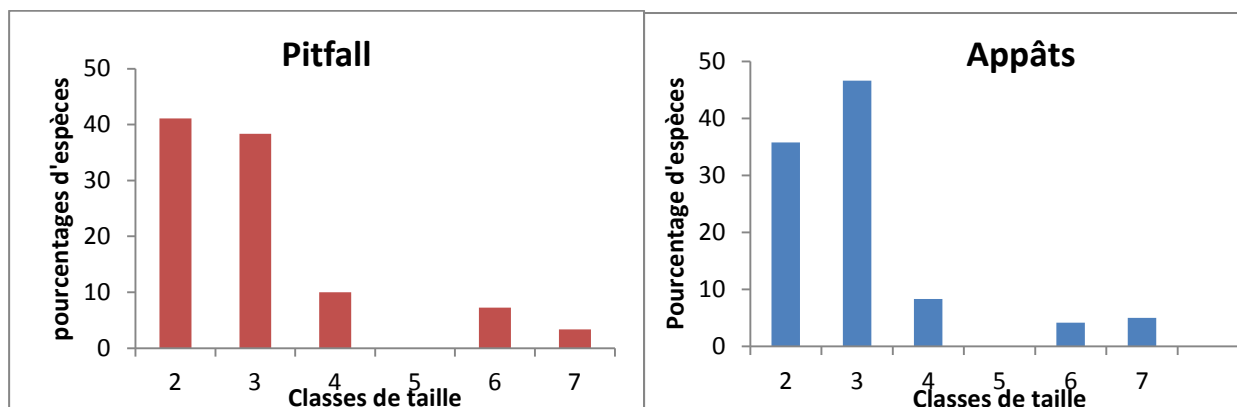
Les courbes de raréfaction pour chaque méthode d'échantillonnage, dans chaque parcelle (graph.2), permettent de comparer de façon équitable l'efficacité avec laquelle chaque technique a échantillonné un milieu donné. Les genres rares, trouvés une seule fois dans les relevés ont été enlevés pour la réalisation des graphiques ci-dessus afin de lisser les courbes. Ces graphiques confirment que la méthode d'échantillonnage par pitfalls a permis de récolter le plus grand nombre de genres dans chaque parcelle.



Graphique 2 : courbes de raréfaction représentant le nombre cumulé de genres en fonction du nombre d'échantillons pour chaque parcelle par les deux méthodes d'échantillonnage (N=5 par méthode d'échantillonnage).

Toutes les courbes semblent atteindre une asymptote pour chaque parcelle et chaque méthode. Par conséquent on peut estimer que les milieux ont été correctement échantillonnés pendant la période d'étude de 12 semaines. Les courbes des pitfalls et des appâts évoluent de façon différentes ce qui signifie que ces deux techniques n'échantillonnent pas avec la même efficacité. La méthode des pitfalls a été plus efficace en termes de genres et d'occurrences des genres pour toutes les parcelles.

Chaque méthode d'échantillonnage est soumise à des biais. Par exemple la taille des individus peut biaiser l'échantillonnage pour certaines méthodes.



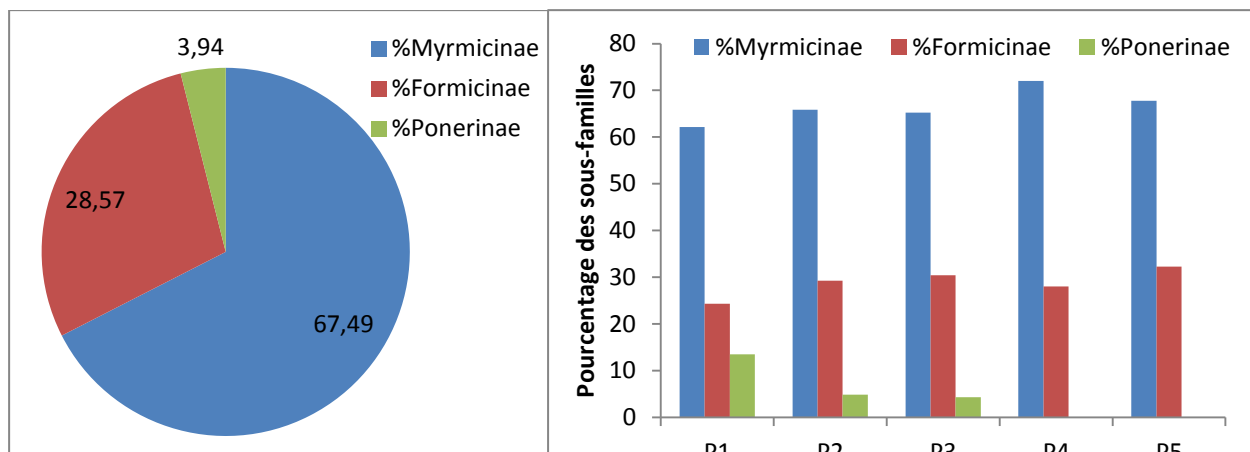
Graphique 3 : Représentation des pourcentages des genres en fonction de la taille* des fourmis récoltées à l'aide des deux méthodes d'échantillonnage (N= 5 pour chaque méthode).

* classe de taille 2 : de 2 à 3mm de longueur (3mm non compris); classe de taille 3 : de 3 à 4mm de longueur (4mm non compris); classe de taille 4 : de 4 à 5mm de longueur (5mm non compris); classe de taille 5 : de 5 à 6mm de longueur (6mm non compris); classe de taille 6 : de 6 à 7mm de longueur (7mm non compris); classe de taille 7 : de 7 à 8mm de longueur (8mm non compris)

Les pitfalls et les appâts ont principalement piégés des fourmis de petites tailles (2-3 mm) (graph.3). L'efficacité en termes d'occurrence des deux méthodes d'échantillonnage par taille semble proche.

B- Inventaire de la myrmécofaune dans les vergers d'agrumes.

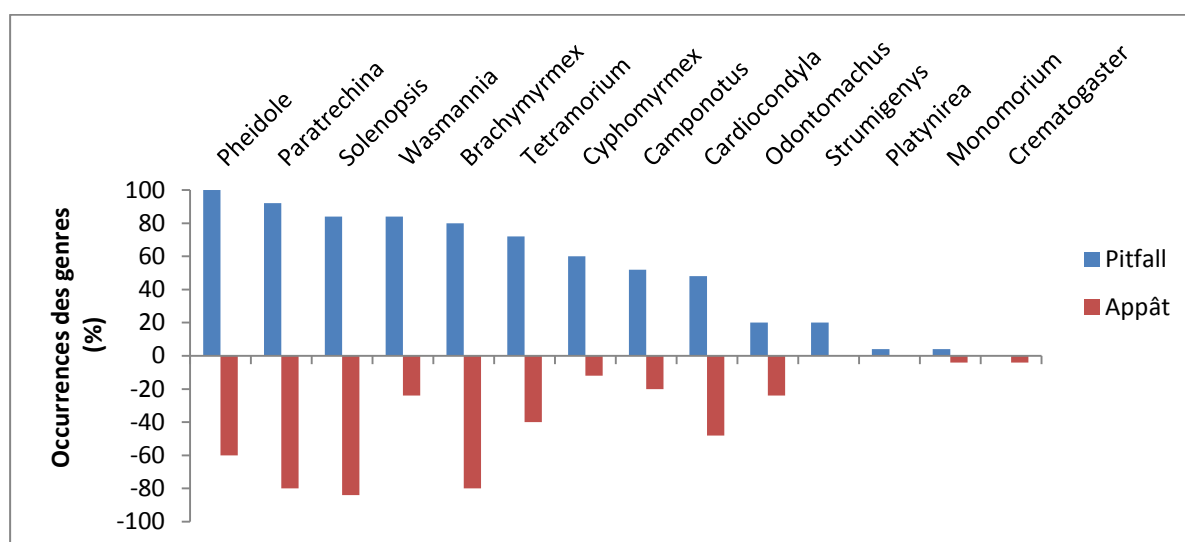
L'analyse de la proportion des sous-familles, avec les deux méthodes confondues, montre une prépondérance des Myrmicinae, avec 67%, toutes parcelles confondues. Les Formicinae constituent une part importante de cette biodiversité avec 29%. Les Ponerinae forment seulement 4% de la biodiversité échantillonnée par pitfall (graph.4).



Graphique 4 et 5 : pourcentage global des sous-familles (N=25), et pourcentage des sous-familles par parcelle trouvé avec les pitfalls.

Les mêmes tendances sont observées par parcelle, avec une prépondérance des Myrmicinae, suivi d'une importance moindre des Formicinae. L'absence de Ponerinae est notée pour les parcelles de Morne Rouge et du Prêcheur (graph.5).

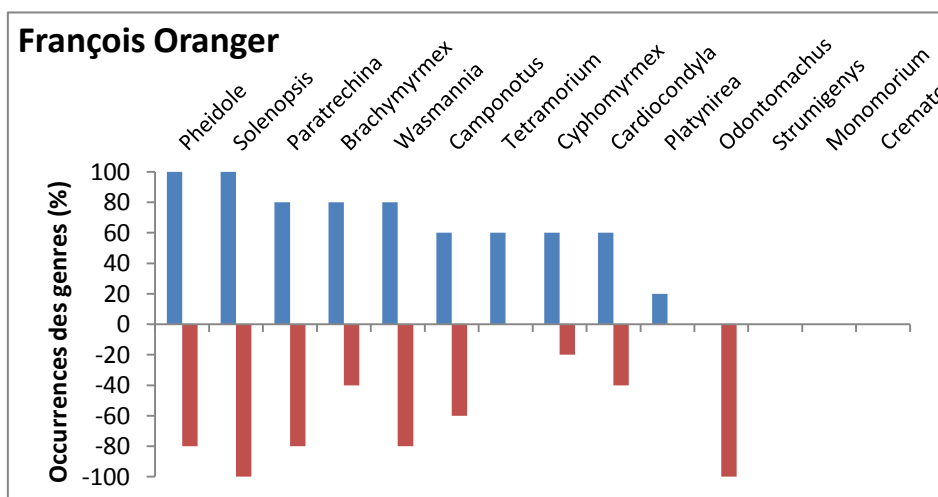
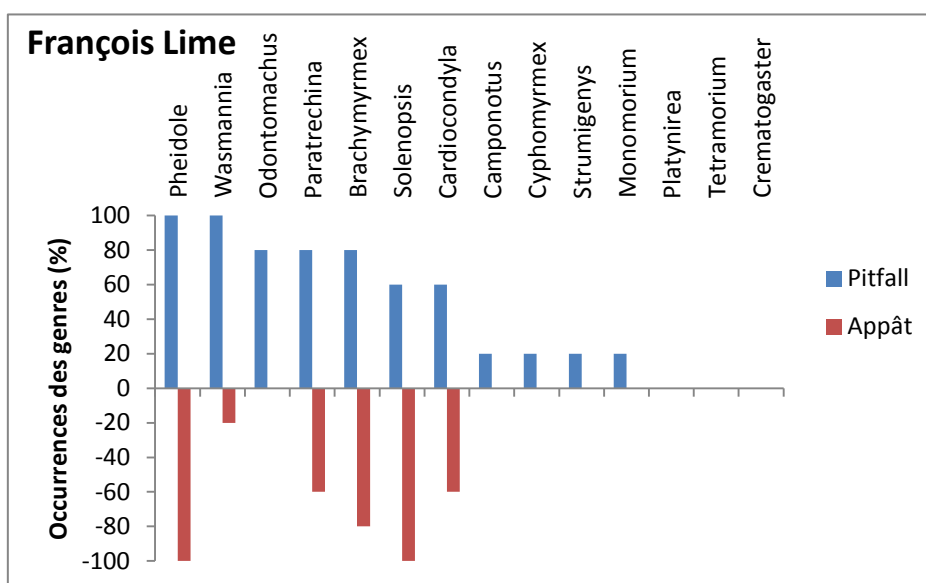
Sur les 14 genres de fourmis recensées, certains genres communs comme *Pheidole* et *Paratrechina* sont retrouvées pratiquement dans tous les relevés avec une fréquence d'observation de 100% et environ 92% (graph. 6). Des genres plus rares comme *Crematogaster* et *Platynireia* se retrouvent dans seulement 4% des relevés.

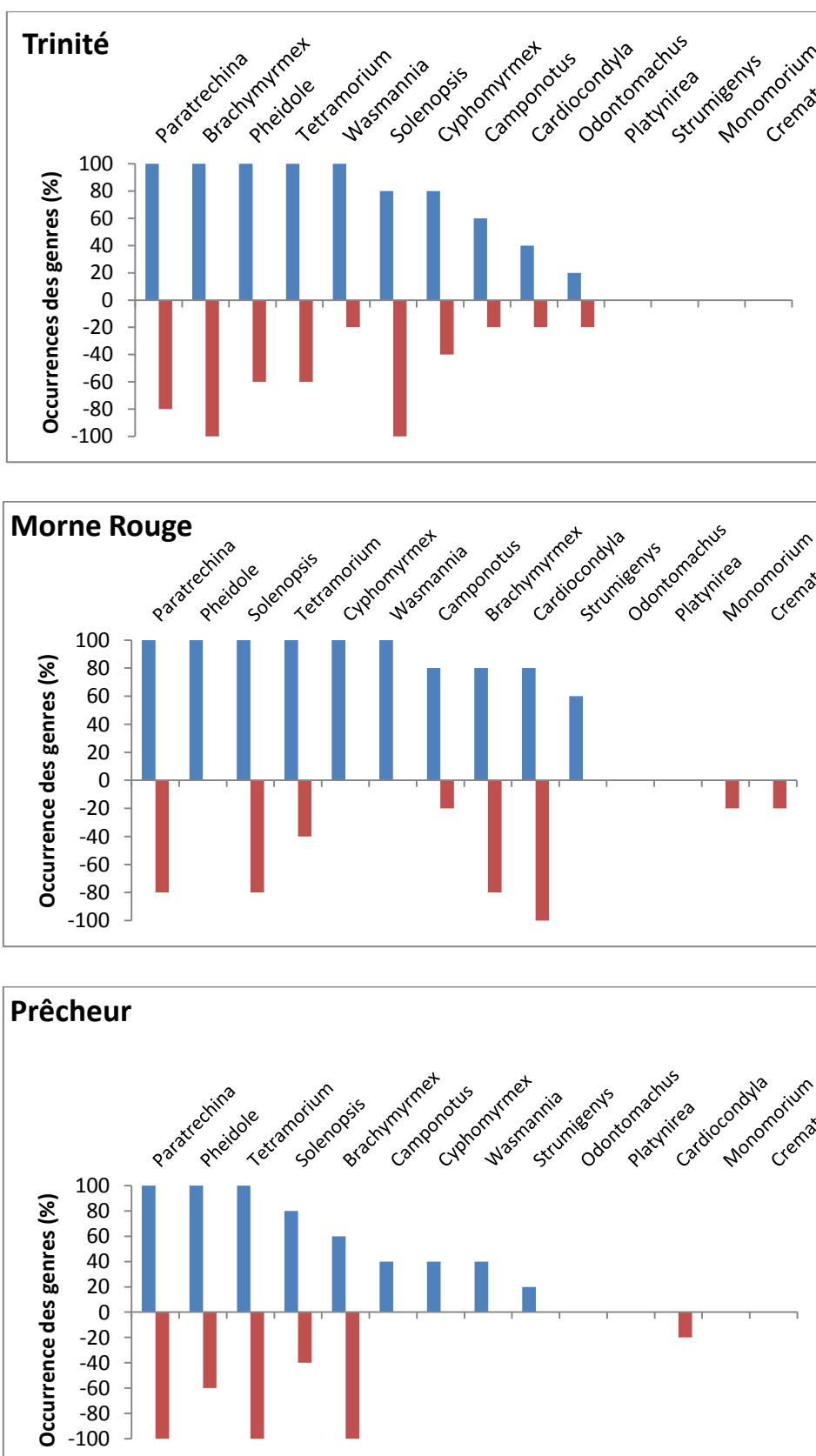


Graphique 6 : Echantillonnage pièges à fosse vs appâts sur les 5 parcelles. Tous les genres récoltés ont été triés par importance décroissante d'occurrences dans la méthode pitfall.

Au François 11 genres ont été trouvés dans la parcelle de lime (*Pheidole*, *Wasmannia*, *Odontomachus*, *Paratrechina*, *Brachymyrmex*, *Solenopsis*, *Cardiocondyla*, *Camponotus*, *Cyphomyrmex*, *Strumigenys*, *Monomorium*), et d'orange (*Strumigenys* et *Monomorium* ne sont pas présents, mais *Tetramorium*, et *Platynireia* ont été recensé). A Trinité 10 genres, à Morne Rouge 12 genres, et au Prêcheur 10 genres ont été collecté (graph.7). Les genres trouvés, et leurs occurrences, varient d'une parcelle à l'autre, même si des genres communs sont retrouvés de façon abondante 100%, dans tous les milieux comme *Pheidole*.

Les pitfalls récoltent un plus grand nombre de genres et avec une fréquence plus élevée que la méthode à appât. Toutefois, chaque méthode de piégeage parvient à récolter des genres, dont certains fréquents, qui ne sont pas récoltés par l'autre technique comme *Odontomachus* dans la parcelle d'orange au François (graph.7).





Graphique 7 : échantillonnage pièges à fosse vs appâts par parcelles. Tous les genres récoltés ont été triés par importance décroissante d'occurrences dans la méthode pitfall.

Toutes les genres récoltés dans les arbres (hors tronc) ont été recensés au sol. Six genres ont été trouvés (*Paratrechina*, *Brachymyrmex*, *Pheidole*, *Solenopsis*, *Tetramorium* et *Cardiocondyla*), appartenant à deux sous-famille, Myrmicinae et Formicinae. Les genres trouvés diffèrent selon les parcelles (tableau 2).

Tableau 2: présence/absence des genres de fourmis observées dans les arbres selon les parcelles.

Genre	P1	P2	P3	P4	P5
<i>Pheidole</i>	+	-	-	-	-
<i>Solenopsis</i>	-	-	+	-	+
<i>Tetramorium</i>	-	+	+	-	-
<i>Paratrechina</i>	-	+	+	-	-
<i>Brachymyrmex</i>	+	+	+	+	-
<i>Cardiocondyla</i>	+	+	-	-	-

C- Présence/absence des genres de fourmis en fonction des homoptères ravageurs des agrumes.

La parcelle de Lime du François est principalement touchée par les cochenilles vertes, *Coccus viridis*, (100%) et les aleurodes, *Aleurothrixus floccosus*, avec 52.2% d'arbres sélectionnés infestés (tableau 3). La parcelle d'oranger est parasitée par des aleurodes, avec 48%. Les parcelles de Trinité, et Prêcheur, sont touchées principalement par les cochenilles vertes, les aleurodes, et quelques pucerons noirs, *Toxoptera citricida*, (10%). La parcelle de Morne Rouge est principalement touchée par les cochenilles serpettes, *Lepidosaphes gloverii*, avec 100% des arbres infestés (annexe 6). Quelques pucerons noirs sont présents (23%), mais aucunes cochenilles vertes, ni aleurodes, n'ont été relevés.

Tableau 3 : pourcentages d'arbres attaqués par les homoptères ravageurs des agrumes, sur les différentes parcelles. (CV : cochenilles vertes, CS : cochenilles sapotilles, AL : aleurodes, PN : pucerons noirs)

Parcelle	CV	CS	AL	PN
François lime	100	-	52,9	-
François Oranger	-	-	47,1	-
Trinité	85	-	90	10
Morne Rouge	-	100	-	23,1
Prêcheur	77,8	77,8	55,6	11,1

Les six espèces récoltées dans les arbres ont été retrouvées en présence d'homoptères. En présence d'aleurodes, *Brachymyrmex*, et *Pheidole*, ont été observés. En présence de cochenilles vertes, *Paratrechina*, *Brachymyrmex*, *Solenopsis*, *Tetramorium*, et *Cardiocondyla*. Pour les pucerons noirs uniquement *Paratrechina* et *Brachymyrmex* ont été relevés.

Tableau 4 : présence/absence des genres de fourmis en fonction des homoptères ravageurs dans toutes les parcelles confondues.

Genre	Aleurodes	Cochenilles vertes	Pucerons Noirs
<i>Odontomachus</i>	-	-	-
<i>Platynireia</i>	-	-	-
<i>Camponotus</i>	-	-	-
<i>Paratrechina</i>	-	+	+
<i>Brachymyrmex</i>	+	+	+
<i>Pheidole</i>	+	-	-
<i>Solenopsis</i>	-	+	-
<i>Tetramorium</i>	-	+	-
<i>Cyphomyrmex</i>	-	-	-
<i>Strumigenys</i>	-	-	-
<i>Cardiocondyla</i>	-	+	-
<i>Monomorium</i>	-	-	-
<i>Wasmannia</i>	-	-	-
<i>Crematogaster</i>	-	-	-

Quelques soit les parcelles, on retrouve *Brachymyrmex* et *Paratrechina* avec les pucerons noirs. En présence des cochenilles vertes, *Brachymyrmex* est noté dans tous les parcelles. Dans celles de Trinité et du Prêcheur des *Paratrechina* ont été observés avec les cochenilles vertes. Dans la parcelle de lime du François, des *Pheidole* et *Cardiocondyla* ont été observés avec les cochenilles vertes. *Tetramorium* a été observé uniquement dans la parcelle du Prêcheur, avec les cochenilles vertes. En présence d'aleurodes, *Brachymyrmex* et *Pheidole* ont été observés dans la parcelle de lime du François. *Paratrechina* a été observé uniquement dans la parcelle du Prêcheur, avec les aleurodes.

Tableau 5 : présence/absence des genres de fourmis en fonction des homoptères ravageurs des agrumes selon les parcelles.

François parcelle de Lime et d'Oranger du François

GENRE	Aleurodes	Cochenilles vertes	Pucerons Noirs	GENRE	Aleurodes	Cochenilles vertes	Pucerons Noirs
<i>Paratrechina</i>	-	-	-	<i>Paratrechina</i>	-	-	+
<i>Brachymyrmex</i>	+	+	-	<i>Brachymyrmex</i>	-	-	+
<i>Pheidole</i>	+	+	-	<i>Pheidole</i>	-	-	-
<i>Solenopsis</i>	-	+	-	<i>Solenopsis</i>	-	-	-
<i>Tetramorium</i>	-	-	-	<i>Tetramorium</i>	-	-	-
<i>Cardiocondyla</i>	-	+	-	<i>Cardiocondyla</i>	-	-	-

Trinité

GENRE	Aleurodes	Cochenilles vertes	Pucerons Noirs
<i>Paratrechina</i>	-	+	-
<i>Brachymyrmex</i>	-	+	-
<i>Pheidole</i>	-	-	-
<i>Solenopsis</i>	-	+	-
<i>Tetramorium</i>	-	-	-
<i>Cardiocondyla</i>	-	-	-

Morne Rouge

GENRE	Aleurodes	Cochenilles vertes	Pucerons Noirs
<i>Paratrechina</i>	-	-	-
<i>Brachymyrmex</i>	-	+	+
<i>Pheidole</i>	-	-	-
<i>Solenopsis</i>	-	-	-
<i>Tetramorium</i>	-	-	-
<i>Cardiocondyla</i>	-	-	-

Prêcheur

GENRE	Aleurodes	Cochenilles vertes	Pucerons Noirs
<i>Paratrechina</i>	+	+	+
<i>Brachymyrmex</i>	-	+	+
<i>Pheidole</i>	-	-	-
<i>Solenopsis</i>	-	-	-
<i>Tetramorium</i>	-	+	-
<i>Cardiocondyla</i>	-	-	-

IV. Discussion

A- Comparaison de deux méthodes d'échantillonnages.

L'effort d'échantillonnage, soit 12 pitfalls et 12 carreaux, semble correct pour la durée de l'étude, puisque l'asymptote est atteinte, selon les courbes de raréfaction. Le protocole standard pour échantillonner la diversité des fourmis, « Ants of the Leaf Litter (ALL) Protocol » (Agosti & Alonso, 2000 ; Fisher et al., 2000) suggère un minimum de 20 points d'échantillonnage séparés de 10 m d'intervalle pour capturer au moins 70 % de la myrmécofaune d'un site.

Les pièges auraient pu être déplacés dans la parcelle et des résultats différents auraient pu être observés. De nombreux facteurs rendent difficile l'échantillonnage exhaustif des fourmis. Les fourmis sont distribuées aléatoirement et de façon variable à différentes échelles spatiales. A petite échelle, les individus sont agrégés dans des colonies, et les colonies sont souvent dispersées de façon irrégulière à travers le paysage en raison de la compétition (Cris & Wiens, 1996 ; Wiernasz & Cole, 1995).

La méthode utilisée influe considérablement sur la nature des résultats et chacune apporte des informations différentes sur les espèces. Les méthodes d'échantillonnage choisies ici, pitfalls et appâts semblent correctes. En milieu tropical l'utilisation des appâts et des pitfalls pour les microhabitats ouverts, pour les fourmis vivant dans la litière et la récolte manuelle constituent une combinaison de technique idéale pour une estimation de la biodiversité (Bestelmeyer, 2000). Combiner différentes types de méthodes d'échantillonnage donne plus d'information sur la richesse spécifique (Fisher et al. 2000). L'efficacité des pièges est fonction de la distance de fourragement des ouvrières.

Les pitfalls semblent plus efficaces que les appâts pour cette étude, en termes de nombre de genres récoltés. La durée du piégeage, 48h, permet peut-être de récolter des espèces nocturnes. La méthode avec appât est peut être plus sélectif en attirant uniquement les fourmis attirées par le miel et le thon. Les espèces non carnivores ne sont ainsi pas attirées. Une compétition sur la plaque des appâts, peut aussi exclure certaines espèces.

B- Inventaire de la myrmécofaune dans les vergers d'agrumes.

Les autres familles de Formicidae : Aneuretinae, Apomyrminae, Cerapachyinae, Dorylinae, Ecitoninae, Leptanilliane, Leptanilloidiane, Myrmeciinae, Nothomyrmeciinae, Pseudomyrmecinae, n'ont pas été observées dans les vergers d'agrumes de Martinique. Ces sous-familles n'ont pas non plus été retrouvées en bananeraie par D. Carval (com. pers.), ni dans les vergers d'agrumes en Martinique et en Guadeloupe par Jaffé et al. (1990).

Tous les genres retrouvés dans les bananeraies de la Martinique par D. Carval ont été retrouvés dans les vergers d'agrumes, hormis le genre *Tapinoma* de la sous-famille des Dolichoderinae mais qui était une espèce peu abondante en bananeraie. Par rapport à l'inventaire de Jaffé, plusieurs genres n'ont pas été retrouvés comme *Nylanderia*, *Hyponera*, *Pachycondyla*, *Anochetus*, et *Mycocepurus*. *Cardiocondyla*, *Strumigenys* et *Tetramorium* ont été trouvés, en plus du relevé de Jaffé. Toutefois la nomenclature a pu changer depuis les travaux de cet auteur et certains genres sont peut-être en synonymie.

De nombreux facteurs influent sur l'échantillonnage, la période et la durée des observations, les méthodes utilisées, et la localisation des nids par rapport aux pièges, ce qui peut expliquer ces différences. De plus les milieux insulaires sont connus pour leur richesse relativement faible par rapport aux milieux continentaux tropicaux, comme en Guyane, où l'on trouve davantage de sous familles et de genres (*in litteris*).

Seuls quelques genres sont présents dans les arbres par rapport au sol. Le régime alimentaire et le comportement de chaque genre peut expliquer cette différence. L'utilisation de l'espace peut influencer la présence, ou l'absence, de certains genres sur les arbres, selon la stratification de l'aire de chasse. Par exemple, les Ponerinae, comme *Odontomachus*, sont des prédateurs épigés. Ceux-ci n'exploitent exclusivement que la surface du sol. La période de récolte peut influencer les genres trouvés sur les arbres. Les observations ont été faites de jour, la nuit d'autres genres auraient pu être observés. Une même zone arboricole peut être successivement occupée par deux espèces de fourmis, comme par exemple *Platythyrea* le jour et *Camponotus* la nuit (Lévieux, 1976).

Wasmannia n'a pas été observée dans les arbres des vergers, alors qu'elle est très présente et gênante dans les bananeraies. *W. auropunctata* peut être une espèce d'importance agricole, car non seulement les travailleurs agricoles sont régulièrement piqués, mais aussi vis à vis du renforcement des populations d'Homoptères. Les homoptères peuvent causer des dommages aux plants en augmentant la fréquence des maladies, y compris les infections virales et fongiques (Wetterer, 2003).

Dans une parcelle d'acacia en Guyane on observe une prédominance des Myrmicinae suivi des Formicinae (Castan, 2009). Peu de publications sont trouvées sur la myrmécofaune des vergers d'agrumes dans les tropiques.

Avec les résultats obtenus, le sol et la situation des parcelles, ne semblent pas avoir d'effet net sur la composition des genres présents. Concernant la végétation au sol des parcelles, il faut noter qu'elle peut évoluer avec le temps selon les itinéraires techniques (désherbant, fauchage,...) et cela rend difficile toute conclusion.

C- Présence/absence des genres de fourmis en fonction des homoptères ravageurs des agrumes.

Les fourmis sont connues pour leur relation de mutualisme avec les homoptères (Stadler, 2008). De plus elles peuvent protéger ces ravageurs de leurs ennemis naturels (coccinelles...). Le nombre d'homoptères présents était assez élevé pour les parcelles de lime du François, de Trinité et Prêcheur, en ce qui concerne les cochenilles vertes, *Coccus viridis*, et les aleurodes, *Aleurothrixus floccosus*, mais faible pour les pucerons noirs, *Toxoptera citricida*. Les fourmis observées dans les arbres, ont été vu, à proximité, ou en train de traire les homoptères. Le nombre de fourmis observées était cependant faible, particulièrement dans la parcelle d'orangers du François, et celle de lime à Morne Rouge. L'abondance de ces ravageurs peut influencer le nombre de fourmis observées. Par exemple, le nombre de pucerons est le principal facteur déterminant le nombre de fourmis que l'on rencontre sur les colonies de pucerons. La date, souvent reliée au nombre de pucerons, influence également le nombre de fourmis (Guénard, 2007). De nombreuses fourmis ont été observées avec les cochenilles vertes dans toutes les parcelles sauf celle d'orangers du François où la présence de ces ravageurs n'a pas été observée.

Le nombre de genres de fourmis observés avec les homoptères est plus faible que le nombre de genre trouvé au sol. Par conséquent toutes les espèces ne semblent pas avoir un comportement de mutualisme avec ces homoptères. Le régime alimentaire et la biologie de chaque genre pourrait expliquer ces différences (Levieux, 1976).

IV. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Suite à l'inventaire de la myrmécofaune réalisé dans 5 vergers d'agrumes sur l'ensemble de la Martinique, 14 genres différents ont été trouvés, appartenant à trois sous-familles différentes. Les mêmes genres de fourmis ont été trouvés en bananeraie. Aucune différence nette ne semble être observée sur la composition des communautés de genres, selon les parcelles. Le type de sol ne semble pas avoir d'effet sur l'installation des genres. Seulement, six genres, appartenant à 2 sous familles ont été observés en mutualisme avec les cochenilles vertes, pucerons noirs et aleurodes, dans les arbres.

Pour plus de fiabilité des résultats obtenus, l'expérience devrait être renouvelée avec plus d'échantillons pour permettre des analyses statistiques fiables. Des données supplémentaires devraient être apportées par des tests de barcoding sur l'identification des espèces. Des analyses du contenu stomacal apporteraient des connaissances sur les régimes alimentaires de chaque espèce.

L'étude de l'influence de la couverture végétale sur les espèces de fourmis pourrait être étudiée pour permettre de développer de nouvelles méthodes de lutte agro-écologique, contre les homoptères ravageurs comme par exemple le psylle, *Diaphorina citri*, récemment arrivé à la Martinique. Dans un cas idéal, l'installation de plantes de services bien choisies pourrait permettre d'éloigner les espèces protectrices de ces homoptères ravageurs, et d'attirer les fourmis prédatrices.

Références bibliographiques

Agreste, 2013. Mémento de la statistique agricole. DAAF : 3-9p

Agosti & Alonso, 2000. Ants standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Smithsonian institution press Washington and London : p. 1-11.

Bakry F., Didier C., Ganry J., Le Bellec F., Lescot T., Pinon A., Rey J.Y., Teisson C., Vannière H., 2002. Agriculture spéciale. Les plantes comestibles : les espèces fruitières. *In Mémento de l'agronome*, CIRAD, GRET, Ministère des Affaires Etrangères, Montpellier, France, 929-1021.

Bestelmeyer B.T., Agosti D., Alonso L.E., Roberto C., Brandao F., Delabie J.H.C. & Sylvestre R. 2000. Field techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description and evaluation. pp. 122-144.

Bolton, 1994. Identification guide to the ant genera of the world. Harvard University Press Cambridge, Massachusetts London, England : p. 4-229.

Bonin, M., Cattan P., Dorel M., Malezieux E., 2006. L'émergence d'innovations techniques face aux risques environnementaux. Le cas de la culture bananière en Guadeloupe : entre solutions explorées par la recherche et évolution des pratiques. In Agronomes et Innovations, Caneill J.(dir.), Paris, édition L'Harmattan : p. 123-135.

CAEC, 2005. Fiches descriptives des variétés d'agrumes proposées à la Martinique, [en ligne], consulté le 10 février, URL : <http://www.pram-martinique.org/activites/ArboAgrumes.htm>

Caribfruits, 2013. Protection raisonnée des vergers (maladies, ravageurs et auxiliaires), [en ligne], consulté le 15 février, URL : http://caribfruits.cirad.fr/production_fruitiere_integree/protection_raisonnee_des_vergers_maladies_ravageurs_et_auxiliaires

Castan Emmanuelle, 2009. Thèse ; Influence d'une essence fixatrice d'azote sur la diversité de la myrmécofaune de la litière : Les fourmis : Bio-indicateurs du milieu forestier : p.1-32

Crist T.O. & Wiens J.A. 1996. The distribution of ant colonies in a semiarid landscape: implications for community and ecosystem processes. *Oikos*, 76: 301-311.

DAAF, 2012. Diaphorina citri et la maladie du greening des agrumes Organisme nuisible : p. 1-3.

FAO, 2010. Crop Water Information: Citrus, [en ligne], consulté le 10 février, URL : http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_citrus.html

Fisher B.L., Malsh A.K.L., Gadagkar R., Delabie J.H.C., Vasconcelos H.L. & Majer J.D. 2000 Applying the ALL Protocol. pp. 207-214, *In* Agosti D., Majer J., Alonso L.E. & Schultz T. (eds.), *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Press, Washington.

Guénard, 2007. Mutualisme fourmis pucerons et guildes aphidiphage associée : le cas de la prédation furtive. Mémoire université du Québec à Montréal : p. 133.

INSEE, 2012. Résumé statistique. INSEE Martinique région : 1p

Jaffé et al., 1991. Qualitative evaluation of ants as biological control agents with special reference to predators on *Diaprepes* spp. (Coleoptera : Curculionidae) on citrus groves in Martinique and Guadeloupe. *Rencontres Caraïbes en Lutte biologique*, Guadeloupe, 5-7 novembre 1990 Ed. INRA, Paris 1991 (Les Colloques n°58) : p.1-12.

Le Bellec, 2011. Reconception et évaluation des systèmes de culture, le cas de la gestion de l'enherbement en vergers d'agrumes en Guadeloupe : 23p

Leblanc, 2000. Inventaire faunistique des ravageurs et auxiliaires des agrumes en Martinique : les bases d'une gestion « intégrée » du verger : p.5-16

Lévieux, 1976. La nutrition des fourmis tropicales. *Insectes Sociaux*, Paris. Tome 24, n°3 : pp. 235-260.

Observatoire de l'eau de Martinique, 2010. Contexte martiniquais, le climat, [en ligne], consulté le 15 février, URL : <http://www.observatoire-eau-martinique.fr/>.

Passera, 2005. Les Fourmis : Comportement, Organisation Sociale et Évolution. Les Presses scientifiques du CNRC. QL568.F7P37 2005 595.79'6 C2005-980051-8 : p. 1-459.

Passera, 2012. Fourmi : les secrets de la fourmilière, le régime alimentaire des fourmis, [en ligne], consulté le 19 février, URL : <http://www.futura-sciences.com/magazines/nature/infos/dossiers/d/zoologie-fourmi-secrets-fourmiliere-1404/page/11/>

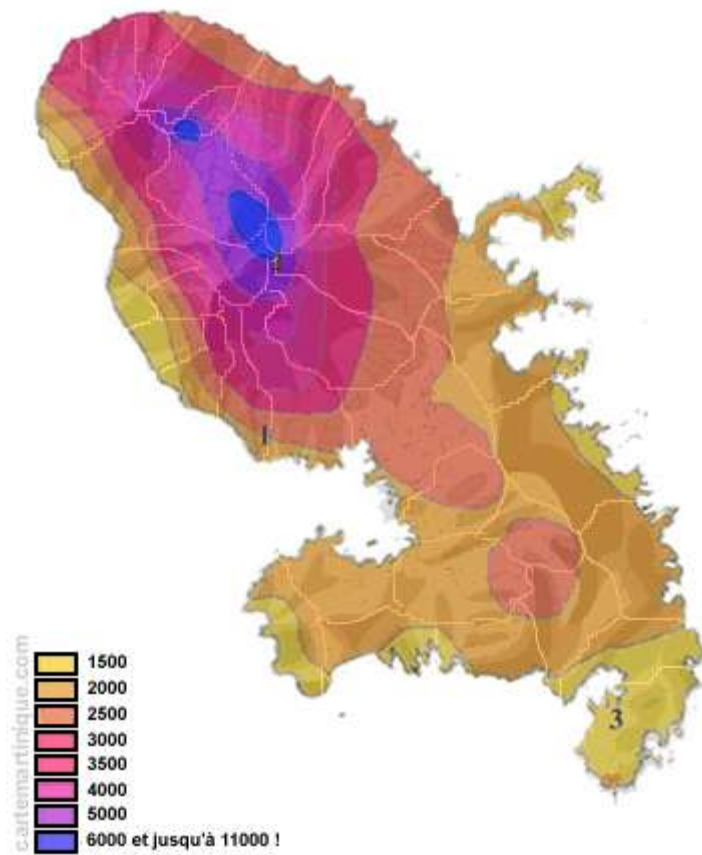
Stadler B., 2008. Mutualism ants and their insect partners. Cambridge university press : p.24-229.

Wetterer James & D. Porter, 2003. The Little Fire Ant, *Wasmannia auropunctata*: Distribution, Impact and Control. p.41.

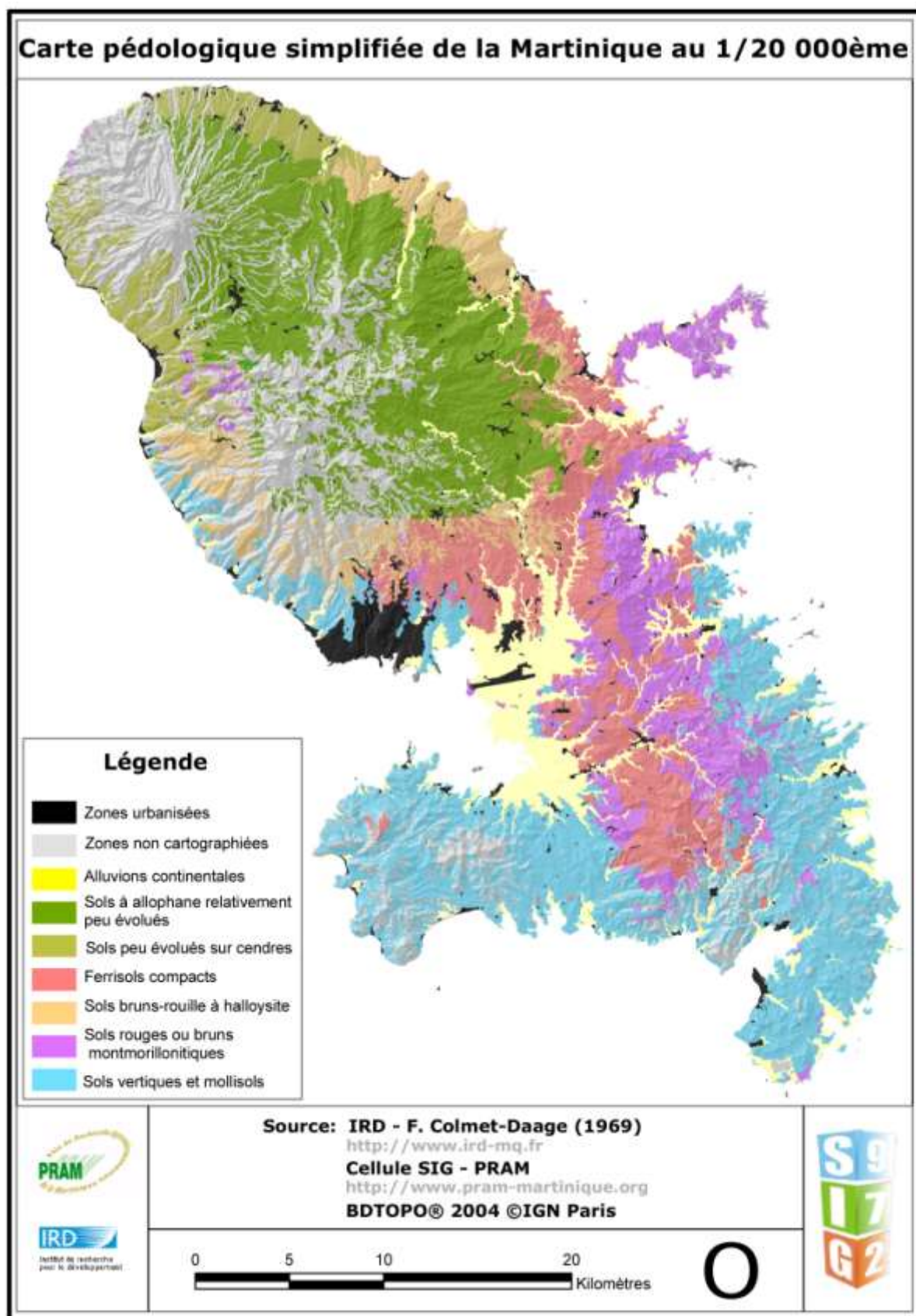


Annexe 1 : carte de la pluviométrie en Martinique (Observatoire de l'eau, 2012).

Carte de pluviométrie en Martinique en mm/m² = Litre/m² et par an



Annexe 2 : carte pédologique de la Martinique.

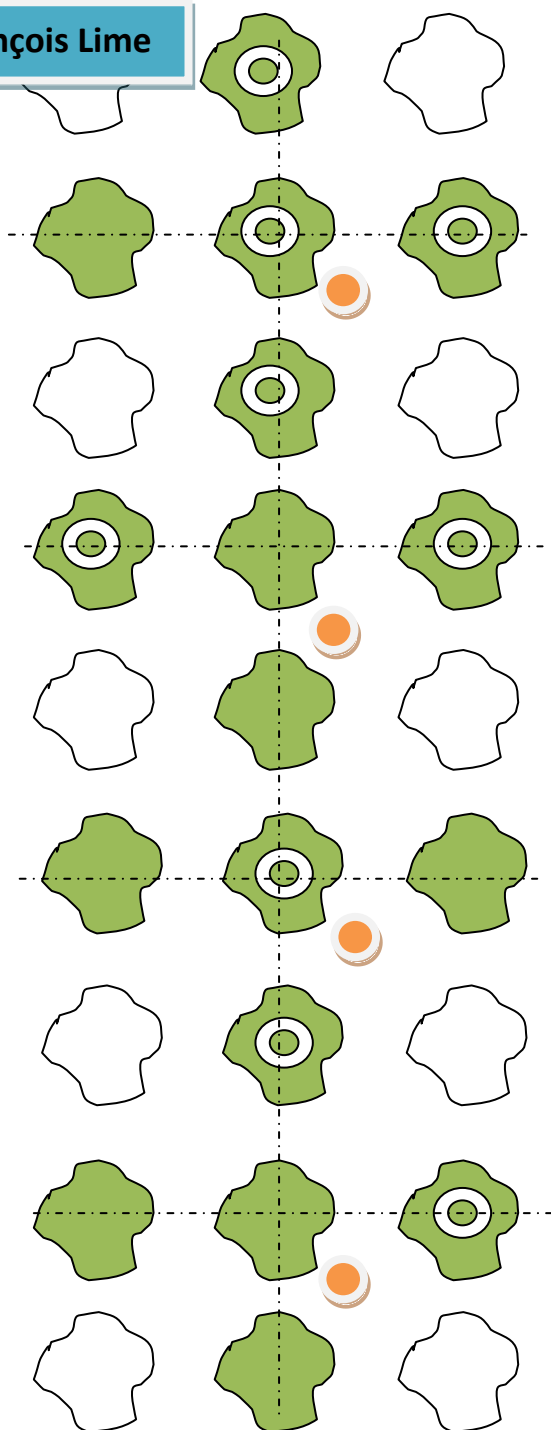


Annexe 3 : Types d'enherbement des vergers d'agrumes : a) François Lime de Tahiti, b) François Oranger, c) Trinité Lime de Tahiti, d) Morne Rouge Lime de Tahiti, e) Prêcheur Lime de Tahiti

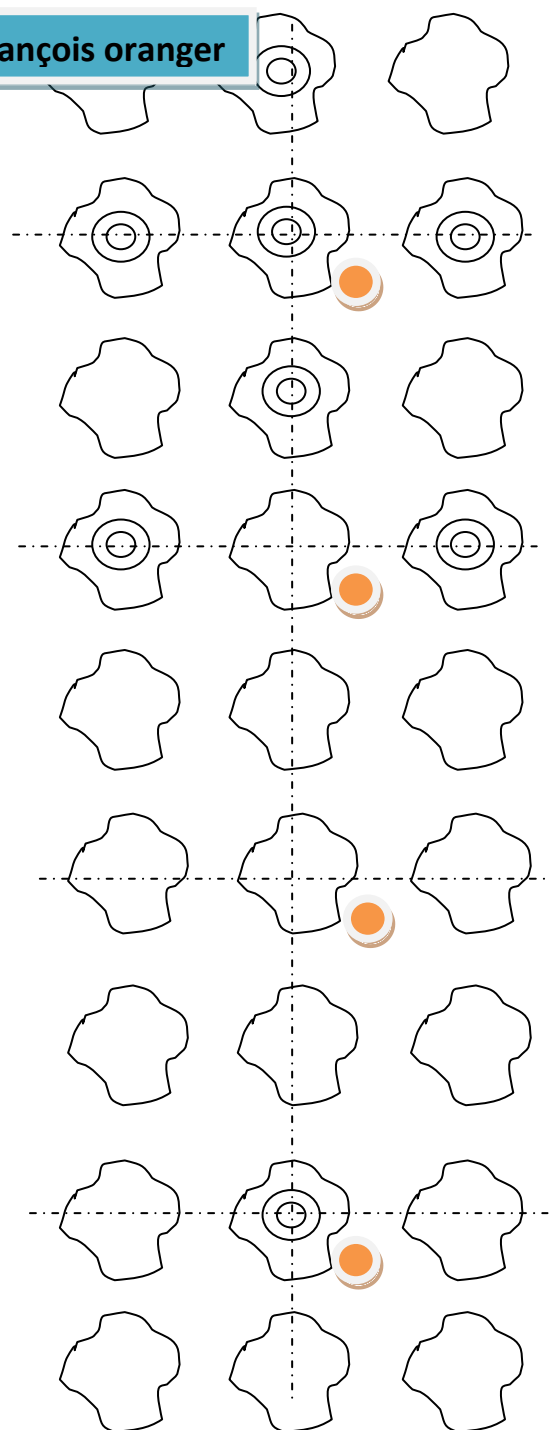


Annexe 4 : homoptères ravageurs présents sur 5 arbres autour d'un pitfall, selon les parcelles.

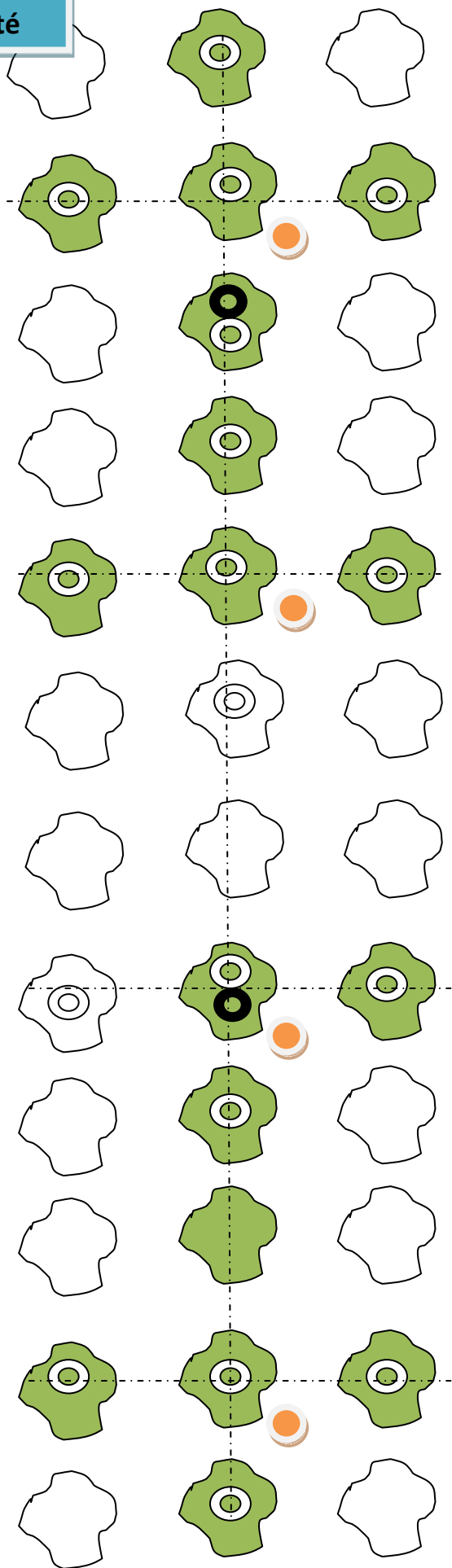
1) François Lime



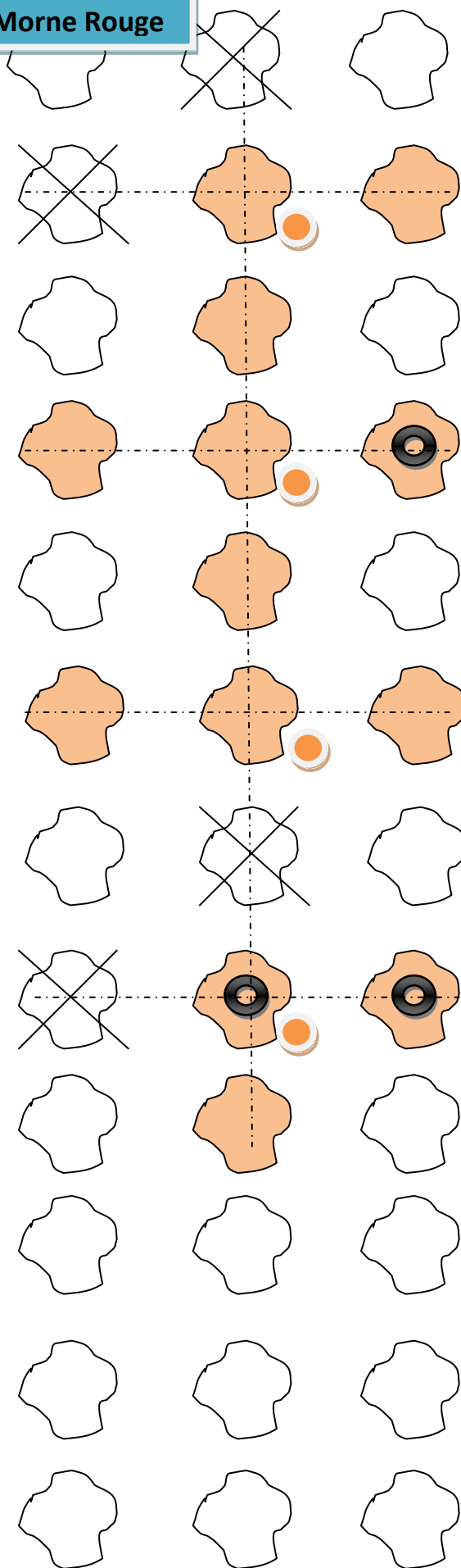
2) François oranger



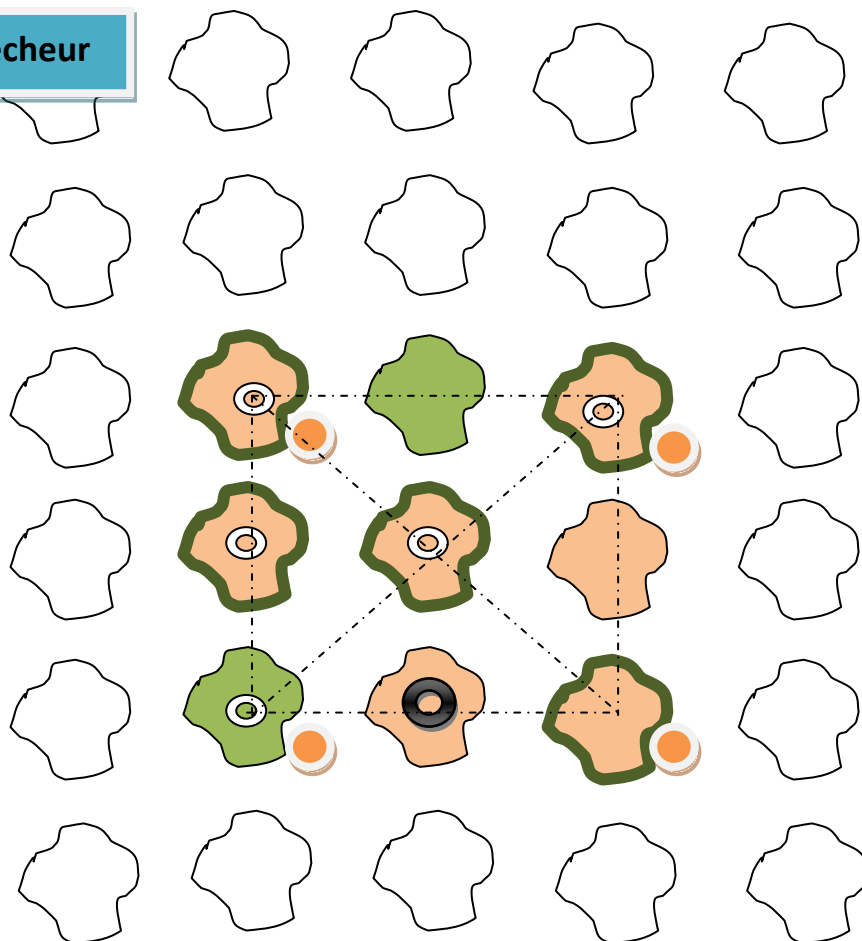
3) Trinité



4) Morne Rouge



5) Prêcheur



Légende



Agrume



Pitfall

Ravageurs homoptères présents



Cochenilles vertes



Cochenilles sapotilles



Cochenilles vertes + sapotilles














Pucerons noirs




Aleurodes

Annexe 5 : genres des fourmis trouvés dans les vergers d'agrumes Martinique (ordre : Hymenoptera ; Famille : Formicidae). Photos prises sous loupe binoculaire.

Sous-famille	Genre	Photo
Ponerinae	Odontomachus	
Ponerinae	Platynireia	
Formicinae	Brachymyrmex	
Formicinae	Camponotus	
Formicinae	Paratrechina	

Myrmicinae	Cardiocondyla	
Myrmicinae	Crematogaster	
Myrmicinae	Cyphomyrmex	
Myrmicinae	Monomorium	
Myrmicinae	Pheidole	
Myrmicinae	Solenopsis	

Myrmicinae	Strumigenys	
Myrmicinae	Tetramorium	
Myrmicinae	Wasmannia	

1) Aleurodes (*Aleurothrixus floccosus*)

- Famille/Ordre : Diaspididae
- Dégâts observés : feuille, fruit
- Espèces fruitières : Agrumes



a) Description

L'Aleurode floconneux (*Aleurothrixus floccosus* Maskell): on le reconnaît aux nymphes jaunes recouverts d'une masse laineuse blanche plus ou moins dense. Les adultes sont blanchâtres et portent les ailes couchées sur le corps. Les ailes, recouvertes de cire blanche sont à l'origine de la dénomination: mouche blanche. Les œufs, sessiles, sont disposés en arc de cercle sur la face inférieure de feuilles déjà bien formées. Les adultes émergent de l'exuvie nymphale par une fente de déhiscence en forme de T.

b) Biologie

La femelle dépose une cinquantaine d'œufs en arc de cercle en faisant une rotation autour de son rostre. Les larves L1 (premier stade), aplaties et ovales, sont mobiles. Rapidement, elles se fixent et perdent leurs pattes. La dynamique des populations d'*Aleurothrixus floccosus* est fortement corrélée aux poussées végétatives.

c) Dégâts

En cas de pullulation, les larves, qui sucent une grande quantité de sève, rejettent du miellat qui servira de milieu de développement pour la fumagine. Ce feutrage noir recouvrant les filaments sécrétés par les aleurodes, peut fortement limiter la photosynthèse.

d) Contrôle biologique

En Guadeloupe, *Aleurothrixus floccosus* semble très bien contrôlé par de nombreux micro-hyménoptères (micro-guêpes) Chalcidiens (Aphelinidae notamment). Les taux de parasitisme sont souvent proches de 100%. La préservation de ces auxiliaires endémiques est essentielle car il faut savoir que des populations d'A. floccosus non régulées prolifèrent considérablement et favorisent la formation de fumagine.

e) Raisonnement de la lutte

Etant donné l'excellent taux de parasitisme vis-à-vis d'*Aleurothrixus floccosus*, il est impératif de préserver les micro-guêpes indigènes. Il faut au préalable observer les arbres infestés, en prélevant des feuilles attaquées. En cas de parasitisme, on distingue

avec une loupe x10 les trous d'émergence des Chalcidiens adultes. Si aucun parasitisme n'est constaté (consécutivement à l'utilisation d'insecticides à large spectre, comme certains organophosphorés), il est possible d'introduire des parasitoïdes (en déposant des feuilles d'agrumes portant des larves parasitées).

2) Cochenille verte (*Coccus viridis*)

- Famille/Ordre : Coccidae / Hemiptera
- Dégâts observés : feuille, branche/tronc, fruit, dépérissement entier
- Espèces fruitières : Agrumes



© F. Le blanc

a) Description et biologie

Coccus viridis Green est une cochenille de la famille des *Coccidae*. Les femelles adultes, aplaties et ovales, sont vert-pâle avec une ligne ponctuée en forme de U noirâtre que l'on peut distinguer à l'œil nu.

Coccus viridis se nourrit le long des nervures médianes des feuilles et sur les jeunes pousses non lignifiées. Les femelles, parthénogénétiques, déposent leurs œufs à l'abri sous leur corps. Les œufs éclosent quelques heures après l'oviposition. Les larves néonates, munies de pattes, se dégagent du bouclier maternel et se dispersent sur les organes proches. Après avoir trouvé le meilleur site, les larves se fixent et perdent leurs pattes.

b) Dégâts

La cochenille verte devient gênante lorsqu'elle forme des encroûtements. En effet, elle excrète de grandes quantités de miellat sur lequel se développe un mycélium dense, noir: La fumagine. Ce feutrage peut recouvrir les feuilles (diminution de la photosynthèse) et les fruits (dépréciation de la qualité).

Coccus viridis est l'insecte le plus dommageable sur agrumes en Guadeloupe. Les dégâts occasionnés en côte sous le vent à basse altitude et en Grande-Terre sont légèrement plus importants qu'en côte-au-vent et dans les hauteurs de la côte sous-le-vent où une pluviométrie importante semble être un facteur limitant.

On constate que les risques de pullulations sont importants tout au long de l'année, avec une recrudescence à partir des mois de mars à avril. Des niveaux de populations très élevés et persistants (entre 70 et 90% de feuilles infestées) sont constatés dans des vergers utilisant fréquemment des insecticides à large spectre. Dans les vergers en conduite "extensive", les populations régressent :

- Soit par un contrôle biologique efficace (cas des vergers d'altitude de la côte sous le vent et de la côte au vent)
- Soit par un traitement chimique bien positionné.

c) Contrôle biologique

Coccus viridis, produisant beaucoup de miellat, est souvent associée à de multiples fourmis. Contrôler les fourmis contribue à rendre la cochenille plus vulnérable aux auxiliaires.

Plusieurs parasitoïdes, de petites guêpes appartenant à la famille des Chalcidiens sont présents en Guadeloupe. Ceux-ci ont une faible efficacité face à des pullulations de *Coccus viridis* (Taux de parasitisme inférieur à 5%).

Tous les traitements contre cette cochenille doivent respecter au mieux les auxiliaires des pucerons et des aleurodes, très efficaces. Il faut également s'efforcer de préserver les auxiliaires de *Coccus viridis*, efficaces sur de faibles populations. Pour cela, le recours à des traitements à base d'huiles peu toxiques pour les auxiliaires est intéressant. Le recours à d'autres produits phytosanitaires peut s'avérer nécessaire en cas de fortes attaques, mais en minimisant leur utilisation au strict nécessaire (périodes et arbres les plus atteints).

3) Cochenille serpette (*Lepidosaphes gloverii*)

- Famille/Ordre : Hemiptera / Aleyrodidae
- Dégats observés : feuille, fruit
- Espèces fruitières : Agrumes



a) Description et biologie

Une étude réalisée à Cuba a permis de déterminer quelques précisions sur le cycle biologique de cette espèce. Le bouclier de la femelle est mince avec les bords parallèles de couleur brun clair, celui du mâle est identique mais plus court. Deux mues sont nécessaires pour arriver à ce stade. Le mâle effectue une troisième mue pour accéder au stade ailé, celui-ci ne dure que quelques heures mais servira à l'accouplement et à la fécondation des femelles. Les femelles vivent en moyenne plus longtemps que les mâles, la durée de vie est de 2 à 3 mois pour les femelles contre environ un mois pour les mâles. Une femelle pond en moyenne une trentaine d'œufs au cours de son cycle, le pourcentage d'éclosion s'élève à 92.6%, mais une très forte mortalité provient lors des deux premiers stades larvaires (jusqu'à 72.5% de mortalité). Aucune parthénogenèse n'a été remarquée pour cette espèce.

b) Distribution

Découverte en 1947 à Palerme (Sicile) (3). Selon le « Department of the Environment and Heritage » du gouvernement australien, cette cochenille serait présente sur toute la planète : Australie, Antilles, Ile Maurice, Hawaï, Papouasie Nouvelle-Guinée, Mexique, Etats-Unis, Cuba, Chine, Inde, Sri Lanka, Taïwan, Israël, Japon.

c) Population en Guadeloupe

On l'observe dans les vergers d'agrumes guadeloupéens (lime, orange, mandarine, pomélo) mais moins fréquemment que la cochenille verte *Coccus viridis*. On la confond souvent avec la cochenille virgule du même genre *Lepidosaphes beckii*. Elle peut cependant provoquer des dégâts importants si la prolifération n'est pas maîtrisée.

d) Contrôle Biologique

Une étude réalisée à Cuba a montré qu'elle est assez bien régulée par de nombreux ennemis aussi bien prédateurs (coccinelles, chrysopes) que parasitoïdes (*Aphytis* sp., *Aspidiotiphagus* sp.) ainsi qu'un champignon entomopathogène (*Nectria flammea*).

4) Pucerons (*Toxoptera citricida*)

- Famille/Ordre : Hemiptera / Aphididae
- Dégâts observés : fleur, feuille, branche/tronc
- Espèces fruitières : Agrumes



a) Description

Toxoptera citricida Kirkaldy, le puceron brun des agrumes : puceron de grande taille (~2,8 mm). Adultes noirs, luisants et larves brunes. La détermination de l'espèce se fait à partir des adultes ailés: La nervure médiane est bifurquée deux fois avec un ptérostigma clair. De plus, chez les ailés, l'article antennaire n°3 est entièrement foncé. Chez les aptères, les articles antennaires 3 à 4 sont clairs.

b) Biologie - Dégâts

Transmission de la maladie de la tristezza

Outre la perturbation de la croissance et la production de fumagine, il faut savoir que *T. citricida* est le meilleur vecteur naturel du virus de la Tristezza. Cette virose a été formellement identifiée en côte sous le vent sur limettier en février 1998. Une propagation limitée de la maladie passe par une maîtrise des populations de pucerons.

Les populations de pucerons en Guadeloupe

T. citricida est présent dans tous les vergers guadeloupéens. Les attaques, sporadiques et "explosives" correspondent aux poussées végétatives.

c) Contrôle biologique

Raisonnement de la lutte contre les pucerons

Il faut intervenir en se basant sur des seuils de nuisibilité en dessous desquels la régulation va pouvoir se faire naturellement grâce aux auxiliaires. Si les populations d'aphides sont trop importantes et que leur apparition est trop rapide pour que l'intervention des auxiliaires soit suffisante, il faut utiliser des produits spécifiques, qui auront le moins d'impact possible sur les parasitoïdes et les prédateurs. Il en va du maintien de l'équilibre biologique de la parcelle.

5) Psylle asiatique (*Diaphorina citri*)

- Famille/Ordre : Hemiptera / Psyllidae
- Dégats observés : feuille, branche/tronc
- Espèces fruitières : Agrumes



© F. Le blanc

a) Description du ravageur

Le psylle asiatique, *Diaphorina citri* Kuwayama: l'adulte mesure entre 3 et 4 mm de long; le corps est gris tacheté. Les ailes antérieures, triangulaires, sont disposées en toit au dessus de l'abdomen. Elles sont grises, tachetées, avec une bande marron qui commence à la moitié supérieure et qui s'interrompt progressivement à l'apex. Les antennes sont grises avec l'extrémité noire et deux points bruns sur le segment médian. Les adultes de *D. citri* sont très mobiles et ont un vol rapide. La posture alimentaire est caractéristique: le corps forme alors un angle de 30° par rapport à la surface de la feuille. La larve, aptère, mesure de 0,25 mm de long (premier stade) à 1,7 mm (cinquième stade). Le corps jaune-orangé est très aplati. Ses yeux sont rouges et les pattes sont dissimulées sous de larges fourreaux alaires latéraux. L'abdomen est bordé de filaments blancs et relativement courts. La larve, à la démarche lente, va souvent se nicher à l'aisselle des feuilles. Les œufs, mesurent environ 0,3 mm de long. Ils sont élargis à leur base et fuselés à l'autre extrémité. D'abord pâles, ils deviennent orangés avant l'éclosion. Les œufs sont déposés verticalement à la surface des tissus.

b) Biologie

Cet insecte piqueur-suceur affectionne les jeunes pousses. Les œufs sont déposés à l'apex des jeunes pousses ou à la base des bourgeons. La femelle, qui a une durée de vie de plusieurs mois, peut pondre jusqu'à 800 œufs: Le cycle de développement de *D. citri* varie entre 15 jours et 47 jours. En Floride, on dénombre 9 à 10 générations de *D. citri* par an.

c) Dégâts

Diaphorina citri vit souvent parmi les populations de pucerons, ce qui rend sa détection difficile. En cas de fortes attaques, les psylles rejettent une importante quantité de miellat favorisant le développement de fumagine (feutre noir). De plus, les piqûres provoquent la déformation des jeunes rameaux. Mais là n'est pas le principal danger. Le problème majeur est que *D. citri* est le vecteur de l'organisme bactérien agent du Huanglongbin (Greening), redoutable maladie des agrumes causant un affaiblissement considérable des arbres et leur mortalité. Cette maladie handicape fortement l'agrumiculture dans les pays d'Asie et vient d'être déclarée en Floride (2005). Il n'existe pas d'association porte-greffe - cultivar réellement tolérante à cette maladie.

Transmission de la maladie du greening

D. citri peut devenir infectieux à partir des 4ème et 5ème stades larvaires. En effet, il requiert une incubation d'environ 21 jours après une piqûre alimentaire d'au minimum 30 minutes sur un plant contaminé: A partir de là, l'agent pathogène se multiplie dans le corps du psylle, ce qui explique la transmission de la maladie entre chaque mue larvaire. La transmission du Huanglongbin se fait selon un mode persistant.

d) Le cas des populations de *Diaphorina citri* en Guadeloupe

Après le premier signalement de *Diaphorina citri* Kuwayama, le psylle asiatique, en janvier 1998, dans deux jardins créoles, l'un à Baie-Mahault, l'autre à Lamentin-Bréfort, les visites mensuelles chez les agriculteurs du réseau ont permis de préciser la zone infestée par cet insecte. Ainsi, des populations importantes d'adultes et de larves ont été observées sur jeunes pousses d'oranger et de limettier aux Abymes, à Sainte-Rose et à Vieux-Habitants depuis le cyclone Georges. La progression de *D. citri* semble rapide.

e) Contrôle biologique

Comme il n'y a pas d'auxiliaire endémique de *Diaphorina citri* en Guadeloupe, l'introduction de *Tamarixia radiata* (Hym. Eulophidae), parasitoïde spécifique de *D. citri*, a été menée rapidement afin d'éviter une explosion de ses populations. Le but était de préserver les pépinières (foyers de dissémination du psylle, voire du Greening). Une opération similaire de lutte biologique a été menée à la Réunion, à partir de 1978 contre *Diaphorina citri*, Elle a consisté à introduire une espèce de guêpe Eulophidae spécifique de *Diaphorina citri*: *Tamarixia radiata* Waterston. Lâchés à raison de 30 à 50 adultes par km² de zone agrumicole, ces auxiliaires ont entraîné dans les deux années suivant leur acclimatation une diminution spectaculaire des populations de leur hôte. Le succès de cette opération s'explique essentiellement par l'absence d'hyperparasitisme (Etienne, 1978).

Résumé

Mots Clefs : agroécologie, myrmécofaune, agrumes, homoptères ravageurs.

L'inventaire de la myrmécofaune a été réalisé du 17 février au 15 mai 2014, dans 5 vergers d'agrumes de la Martinique. La présence des genres de fourmis avec les homoptères ravageurs des agrumes a été notée. Le développement de pratiques culturales plus respectueuses de l'environnement, et de la santé, est nécessaire pour préserver les ressources. Les fourmis, par leur relation de mutualisme avec les homoptères, pourraient réguler de façon biologique ces populations, dans le cas de pratiques culturales agroécologiques. Deux méthodes d'échantillonnages ont été utilisées pour récolter la myrmécofaune du sol, les pitfalls et les appâts sur carreau, avec un mélange thon/miel. Les fourmis observées, dans les arbres, en présence d'homoptères ravageurs ont été aspirés, à l'aide d'un aspirateur à bouche. L'identification des sous-familles et des genres, s'est effectuée en laboratoire, grâce à des clés de détermination. Quatorze genres de fourmis ont été trouvés en vergers d'agrumes, appartenant à 3 sous-familles, Myrmicinae, Formicinae, et Ponerinae. Les mêmes sous-familles, et genres, ont été retrouvés en bananeraie. La composition de la myrmécofaune ne semble pas différente selon la situation des vergers. Seulement, 6 genres ont été retrouvés en présence d'homoptères. Tous les genres ne semblent pas avoir la même relation avec les homoptères ravageurs.

Summary

Key words: Agroecology, myrmecofauna, citrus, Homoptera pests.

The inventory myrmecofauna was conducted from February 17 to May 15, 2014, in 5 citrus orchards of Martinique. The presence of ant genera with Homoptera citrus pest was noted. The development of more ecofriendly cultures practices is essential to conserve resources. Ants, with their mutualistic relationship with the Homoptera, could regulate these homoptera populations biologically, in the case of agroecological farming practices. Two sampling methods were used to collect the myrmecofauna at the ground, pitfalls and bait tile with a mixture tuna / honey. Ants observed in the trees, in the presence of Homoptera pests were aspirated using a mouth aspirator. The identification of sub-families and genera has been carried out in the laboratory, through determination keys. Fourteen kinds of ants have been found in citrus orchards, belonging to three subfamilies, Myrmicinae, Formicinae and Ponerinae. The same sub-families, and genera were found in banana plantations. The composition of myrmecofauna does not seem to differ according to the situation of orchards. Only 6 genera were found in the presence of Homoptera. All genres do not seem to have the same relationship with Homoptera pests.